



Forschungsverbund ForChange

BAYERISCHER FORSCHUNGSVERBUND FORCHANGE

Working Paper 8

Resilienz und Transitionen in komplexen adaptiven Systemen

Eine theoretische Verknüpfung zweier systemdynamischer Perspektiven

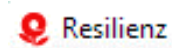
Thorsten Schilling

EPFL Lausanne

ENAC – IIE - HERUS

E-Mail: thorsten.schilling@epfl.ch

<https://people.epfl.ch/thorsten.schilling>



<https://resilienz.hypotheses.org/>

November 2016



Thorsten Schilling

Resilienz und Transitionen in komplexen adaptiven Systemen.

Working Paper Nr. 8
Bayerischer Forschungsverbund ForChange
November 2016

<https://resilienz.hypotheses.org>
Working Papers
ISSN 2363-6424 (Internet)

© 2016 by the author(s)

Thorsten Schilling ist als Doktorand und wissenschaftlicher Mitarbeiter an der EPFL Lausanne im *laboratory for «Human-Environment Relations in Urban Systems – HERUS»* und als Projektmitarbeiter im wissenschaftlichen Projekt «ZiFoNE – Zivilgesellschaft und Forschung für nachhaltige Entwicklung» tätig. Neben den Themenbereichen Resilienz und Transitionen, beschäftigt er sich mit Transdisziplinarität und der Wirkung von wissenschaftlichen Projekten für nachhaltige Entwicklung.

E-Mail: thorsten.schilling@epfl.ch

Downloads: <https://resilienz.hypotheses.org/wp8>

Bayerischer Forschungsverbund ForChange
www.forchange.de

Zusammenfassung

Resilienz und Transition scheinen auf den ersten Blick zwei gegensätzliche Dynamiken zu sein, die auch in der Literatur primär getrennt voneinander behandelt werden. Eine genauere Betrachtung der beiden systemdynamischen Perspektiven zeigt jedoch, dass es Anknüpfungspunkte zwischen beiden Feldern gibt. Die vorliegende Arbeit identifiziert diese Anknüpfungspunkte und integriert ausgewählte Frameworks aus der Resilienz- und Transitionsliteratur, um neue Erkenntnisse über dynamische Prozesse in Systemen zu gewinnen. Dazu wird zum einen der jeweilige Systembegriff diskutiert und erweitert und zum anderen die Normativität der einzelnen Konzepte offengelegt und hinterfragt. Des Weiteren wird ein Fokus auf das Management systemischer Dynamik gelegt, wobei die Integration von Resilienz- und Transitionsperspektiven zu einem neu entwickelten Framework der Resilienz einer Transition führt.

Resilienz und Transitionen in komplexen adaptiven Systemen

Eine theoretische Verknüpfung zweier systemdynamischer Perspektiven

Thorsten Schilling

1. Einleitung

Systemdynamiken sind nicht zuletzt wegen der steigenden Aufmerksamkeit, die dem Klimawandel in den letzten Jahren zuteil wurde, ein viel diskutiertes Thema in Wissenschaft, Politik und Gesellschaft (Walker et al. 2004, 1). Bei der Auseinandersetzung mit Prozessen, bei denen Nachhaltigkeit oft als oberste Maxime angesehen wird, spielt der Begriff der ‚Resilienz‘ von Systemen eine zunehmend tragende Rolle im wissenschaftlichen, politischen, aber auch medialen Diskurs (Brown 2013, 1). Dies ging sogar so weit, dass das „Time Magazine“ *Resilience* zum „Environmental Buzzword“ des Jahres 2013 gewählt hat (Walsh 2013), um seine (zu) häufige Verwendung als Worthülse ohne klar definierte Bedeutung zu betonen. Nichtsdestoweniger stellt ein System, das gegen negative äußere Entwicklungen und Schocks gewappnet ist, einen erstrebenswerten Zustand dar: „[...] these discourses and policies must try to ‘hold the future together’“ (Brown et al. 2012, 1607). Forschung, welche die „immense traction and attraction“ (Brown 2013, 2) von Resilienz in strukturierte Bahnen lenkt und das Verständnis von den Systemdynamiken ermöglicht, welche die Resilienz eines Systems bedingen, ist deswegen nach wie vor notwendig.

Während ‚Resilienz‘ die Fähigkeit des Erhaltens von Systemzuständen beschreibt, bezeichnet eine ‚Transition‘ die ganzheitliche Neuorganisation von Systemen als Folge äußerer Einflüsse. Doch auch die Transitionstheorie ist eng mit dem Nachhaltigkeitsgedanken verbunden. So ist beispielsweise die „transition to sustainable development“ (Martens & Rotmans 2005, 1134) ein fester Bestandteil des Transitionsdiskurses. Während im Kontext der Resilienz von der Erhöhung von Nachhaltigkeit die Rede ist, um negative externe Einflüsse besser verarbeiten zu können, sprechen Transitionsforscher von der Transition hin zu nachhaltigeren Systemen, die in höherem Maße im Einklang mit ihrer Umwelt sind.

Auch innerhalb der Disziplinen gibt es Ansätze, die versuchen, Systemdynamiken ganzheitlich zu erfassen. So definieren Walker et al. (2004) bzw. Folke et al. (2010) neben Resilienz *Transformability* als entscheidende Variable für systemische Dynamiken, und auch die Literatur zum Konzept des *Adaptive Cycle* (Holling & Gunderson 2002; Gunderson et al. 1995) geht von Transformationen im Kontext eines resilienten Systems aus. Trotzdem mangelt es an einer Verknüpfung der Erkenntnisse von Transitions- und Resilienzforschung, die für beide Disziplinen vielversprechend wäre. Geels (2014, 1) etwa schreibt: „future agendas in research and policy should [...] pay much more attention to the destabilization and decline of existing [...] regimes.“ Er betont damit das Forschungsdesiderat einer Untersuchung der Frage, wie die Resilienz eines bestehenden Systems Einfluss auf eine potentielle Transition hat. Eine Verknüpfung der beiden Theorien, die in der Folge eine Verständniserweiterung sowohl für den Transitions- als auch für den Resilienzdiskurs ermöglicht, ist also unbedingt notwendig.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Transitionstheorie

In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff ‚Transition‘ im Sinne eines Übergangs von einem Systemzustand zu einem anderen verstanden. Transition ist „a society-wide change that goes beyond single sectors and involves fundamental and interrelated changes in technology, organizations, institutions and culture“ (van den Bergh & Kemp 2008, 81). Diese sozio-technologische Definition bildet die Grundlage für das Verständnis von Transitionen und wird im Folgenden weiter spezifiziert.

2.1.1 Von der (technischen) Innovation zur Transition eines sozialen Systems

Seit den 1980er Jahren hat die Forschung zu technologischem Wandel mit sozialwissenschaftlichen Komponenten stark zugenommen. Eine Ausgangsbasis hierfür bildet die Erkenntnis der begrenzten Rationalität von Akteuren in einem ökonomischen Kontext, die zur Etablierung verschiedener co-evolutionärer Konzepte (Co-Evolution von Technologie, Gesellschaft und Organisationsstrukturen eines Unternehmens) im Bereich der evolutionären Ökonomie beitrug (Truffer & Coenen 2012, 4). In diesem Bereich wird z.B. analog zum biologischen Modell von Evolution über die „Fitness“ von Unternehmen und Selektion technologischer Innovationen geforscht. Die neoklassische *Rational Choice Theory* wird als unzureichend für die Beschreibung von Akteuren in Form von Firmen oder Individuen angesehen, da soziale Institutionen wie Normen, Regeln, Routinen und Werte, in welche diese Akteure eingebettet sind, nicht berücksichtigt werden. Diese gelten in der evolutionären Ökonomie als Einflussfaktoren für Entscheidungen sowohl der ökonomischen als auch der gesellschaftlichen Akteure und spielen damit auch eine Rolle bei der Etablierung technischer Innovationen.

Die Evolution einer neuen Technologie findet in einem komplexen System statt, dem ‚technologischen Regime‘, in dem etwa Unternehmen, Gesellschaft, Universitäten und sonstige relevante Akteure, aber auch Regeln und Normen vertreten sind, welche die Entwicklung von technischen Innovationen fördern oder behindern können. Technologischer Fortschritt birgt aus der Perspektive der evolutionären Ökonomie Chancen und Risiken. Chancen bestehen beispielsweise in neuen Einkommensquellen und Wachstumsmöglichkeiten für Unternehmen, welche die gesellschaftliche Nachfrage in Form von Märkten durch innovative Technologien effektiver bedienen können; Risiken ergeben sich zum einen durch „Zerstörung von Kompetenzen“, zum anderen durch Selektionsverluste. Ersteres bezieht sich auf Kompetenzen, Strukturen und Routinen, die Unternehmen im alten Regime entwickelt haben. Neue Technologien fordern häufig neue Fähigkeiten und Organisationsformen. Die Umstellung kann ein Risiko für etablierte Unternehmen darstellen, auch weil neu gebildete Konkurrenten Marktanteile beanspruchen. Selektionsverluste treten hingegen bei der Suche nach einer dominanten technischen Innovation auf. Bevor sich eine Invention durchsetzt, konkurriert sie in der Regel mit weiteren Inventionen. Akteure, die in eine der konkurrierenden Technologien investieren, setzen sich dem Risiko aus, dass diese sich nicht durchsetzt, was zu enttäuschten Erwartungen und auch zu Insolvenzen einzelner Firmen führen kann (Dosi & Nelson 1994).

Im Blick der Forschung stehen Innovationen, da diese sich für Firmen, Regionen und auch Nationen als entscheidender Faktor für die langfristige Wettbewerbsfähigkeit herausgestellt haben. Die daraus entstandene Innovationsforschung ist bis heute als Disziplin präsent und hat in letzter Zeit an Bedeutung gewonnen (Truffer & Coenen 2012, 4). Als Pionier der Innovationsforschung gilt Joseph Schumpeter, dessen Werk „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“ erstmals 1912 erschienen ist – zu einer Zeit, in der Wirtschaftswissenschaften stark von neoklassischen Ansichten geprägt waren – und den Grundstein für viele später folgende Abhandlungen im Bereich der Innovationsforschung

gelegt hat. Schumpeter knüpft eine Verbindung zwischen Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, indem er Entrepreneur*innen als Akteure, die Innovationen hervorbringen, und deren soziales Umfeld in den Fokus der Erforschung langfristiger wirtschaftlicher und sozialer Entwicklungen stellt. In den 1960er und besonders seit den 1990er Jahren erlebt diese Idee eine Renaissance, so dass Schumpeters Annahmen als Innovationsforschung erneut in den Fokus verschiedener Forschungsarbeiten (z.B. Arrow 1962; Rosenberg 1976; Freeman et al 1982; Nelson 1993) und -netzwerke rücken (z.B. International Schumpeter Society [ISS], Danish Research Unit for Industrial Dynamics [DRUID]). Einen Überblick bieten Fagerberg und Verspagen (2009), die nicht nur die historische Entwicklung der Innovationsforschung aufzeigen, sondern auch mittels einer Umfrage die aktuelle Struktur des Forschungsbereichs analysieren.

Ein weiterer Forschungsbereich, die *Technology Studies*, befasste sich in den 1980er und 90er Jahren mit einer ähnlichen Thematik. Die Erkenntnis, dass eine rein technologische Perspektive auf Innovationen unzureichend für deren Analyse und Erforschung ist, führte zu einer Abkehr vom bis dahin vorherrschenden ‚Technodeterminismus‘. Stattdessen wurden Konzepte und Theorien entwickelt, welche die Entwicklung von neuen Technologien in Abhängigkeit von ökonomischen und sozialen Aspekten sehen und einen Zusammenhang dieser Bereiche als Grundlage für die Erkenntnis über technische Innovationen voraussetzen.

Exemplarisch soll an dieser Stelle die Arbeit von Pinch und Bijker (1984) erläutert werden. Ausgehend von einer Kritik an linearen Innovationsmodellen, die lediglich erfolgreiche Innovationen in den Fokus der Analyse stellten, stellt diese Arbeit eine neue Perspektive auf technische Innovationen vor, welche die soziale Konstruktion von technischen Artefakten als *Explanans* verwendet. Während lineare Modelle gescheiterte technische Artefakte i.d.R. von der Innovationsforschung ausschließen, schafft der multi-direktionale Ansatz von Pinch und Bijker (1984) die Möglichkeit, diese als Teil der eigentlichen Innovation anzusehen und zu erklären, warum manche Varianten ‚überleben‘, während andere ‚sterben‘. Das sog. SCOT-Modell (*Social Construction of Technology*) geht folglich von einer evolutionären Entwicklung von technischen Artefakten aus, die als Alternation von Variation und Selektion verstanden werden kann. Verschiedene soziale Gruppen mit unterschiedlichen Problemen stellen in diesem Modell Ansprüche an eine neue Technologie. Sie haben jeweils eine eigene Vorstellung (*set of meanings*) von dem technischen Artefakt. Dessen Struktur und Funktionen werden demnach von verschiedenen Vorstellungen und Problemlösungsanforderungen unterschiedlicher sozialer Gruppen geprägt, die auch miteinander in Konflikt stehen können. Auf diese Weise stabilisieren und destabilisieren sich im Verlauf der Innovation verschiedene Ausprägungen des Artefakts. Die Vorstellungen der relevanten sozialen Gruppen, die auch von der sozio-kulturellen und politischen Situation beeinflusst werden können, haben also einen Einfluss auf die Form und Funktionen des technischen Artefakts. Damit sich letztendlich eine Ausprägung der Innovation durchsetzt, müssen die Akteure der sozialen Gruppen davon überzeugt sein, dass ihre Probleme mittels des Artefakts gelöst werden. Ob sie wirklich gelöst werden oder gezieltes Marketing die Vorstellung der Akteure beeinflusst, spielt dabei eine untergeordnete Rolle.

Truffer und Coenen (2012, 4) führen neben dem besprochenen Modell weitere Konzepte für den Bereich der *Technology Studies* an, etwa die „large technical systems“ (Hughes 1987), das „social shaping of technology“ (Mackenzie & Wajcman 1985) oder die „actor network theory“ (Callon 1998), auf die hier jedoch aus Platzgründen nicht ausführlicher eingegangen werden soll. Gemeinsam ist ihnen, dass sie sich gegen eine getrennte Betrachtung von Technologie und sozialen Institutionen aussprechen, wenn es um das Verständnis von Innovationen geht (Truffer & Coenen 2012, 4).

2.1.2 Die Multi-Level Perspektive

Während der Fokus bei Pinch und Bijker (1984) auf individuellen Innovationen liegt, die von sozialen Faktoren beeinflusst und gestaltet werden, gehen Rip und Kemp (1998) einen Schritt weiter und sprechen von technischen Systemen, in denen die Evolution von Technologie nicht von der Evolution der Gesellschaft getrennt werden kann. Ihre Arbeit „focuses on the nature and the dynamics of technical change; how technology is shaped by social, economic, and political forces alike; and how, in the same process, technologies and technology systems shape human relations and societies“ (Rip & Kemp 1998, 328). Hier beeinflussen nicht mehr nur soziale Gruppen die Entwicklung von technischen Artefakten, sondern letztere sind Teil eines Systems und beeinflussen somit auch die sozialen Gruppen. Es entsteht eine Co-Evolution zwischen Technologie und Gesellschaft. Diese Systeme werden als übergangslose Netze angesehen (*seamless net*), in denen technische Artefakte, Entrepreneure, Netzwerke, Banken, Regelwerke und Nutzer miteinander in Beziehung stehen. Technologie wird als „configurations that work“ definiert, wodurch die klassische Vorstellung von Technologie als technisches Artefakt um soziale und ökonomische Prozesse und Strukturen, die das eigentliche Artefakt umgeben, erweitert wird. Auf diese Weise entsteht die erwähnte systemische Sicht auf Technologie. Da diese Arbeit die Grundlage für viele Abhandlungen im Bereich der Transitionsforschung bildet, soll sie ausführlicher vorgestellt werden.

Technologischer (und sozialer) Wandel geschieht auf mehreren Ebenen (siehe dazu die Abbildung von Rip & Kemp 1998, 388). Über die horizontale Achse erweitert sich die technologische Perspektive über Mikro-, Meso- und Makroebene. Auf der vertikalen Achse wird die Einbettung von Technologie in verschiedene andere, primär soziale und ökonomische Bereiche aufgezeigt, z.B. Kultur, Werte, soziale Institutionen, Regulationen, Konsumverhalten, Lebensstile, Marktbewegungen usw.

Die Mikroebene auf der horizontalen Achse beinhaltet dabei sog. Nischen, in denen Innovationen geschützt vor dem Einfluss des vorherrschenden Regimes entwickelt und in spezialisierten Märkten angewendet werden können. So können neue Technologien wachsen und sich festigen, bis sie weit genug ausgereift sind, um Einfluss auf das vorherrschende technische Regime zu nehmen. Auf der Mesoebene sprechen Rip und Kemp von technischen Systemen, z.B. Eisenbahn- oder Stromnetzen. Diese stabilen Systeme beinhalten technologische Regimes, die als „rule-set or grammar embedded in a complex of engineering practices, production process technologies, product characteristics, skills and procedures, ways of handling relevant artifacts and persons, ways of defining problems – all of them embedded in institutions and infrastructures“ (ibd., 338) definiert werden. Das technologische Regime umfasst neben technischen Aspekten, wie Produktionsprozessen oder Produkteigenschaften, zum einen auch die zur Nutzung der Technologie notwendigen Fähigkeiten und zum anderen gemeinsame Institutionen, Regeln und Definitionen. Auf der Makroebene ist die Technologie als „identifiable configurations that work“ (ibd., 388) in eine sog. „Mumfordian Megamachine“ eingebettet, die den Blick nochmals erweitert, so dass Technologie nun im größtmöglichen Zusammenhang steht. Aus der Makroperspektive wird z.B. die Einbettung von Menschen in ein großes sozio-technisches Gefüge, z.B. in eine Stadt, beschrieben. Dem technischen Regime auf der Mesoebene entspricht auf der Makroebene die sozio-technische Landschaft. Diese wird sowohl wörtlich wie auch metaphorisch verstanden. Wörtlich in dem Sinne, dass wir von den Ausprägungen der sozio-technischen Landschaft umgeben sind und sie ‚durchwandern‘ können. So sind etwa die sichtbaren Aspekte des technischen Systems des Automobils (Autos, Tankstellen, Straßen, Ampeln usw.) ein Teil der wörtlich verstandenen sozio-technischen Landschaft, die uns umgibt. Im metaphorischen Sinn ist die sozio-technische Landschaft „something that we are part of, that sustains us“ (ibd., 334). Aus dieser Perspektive ist ‚Landschaft‘ nicht mehr zwangsläufig als objektiver Raum zu verstehen, sondern als Metapher für Regeln, Routinen, Werte und Kultur, welche das Leben und Handeln der Menschen bestimmen und die „Mumfordian Megamachine“ am Laufen halten.

Aus einer prozessualen Sicht festigen sich technische Regimes und soziotechnische Landschaften über die Zeit. Durch die Nutzung von Technologie, zunächst in geschützten technologischen Nischen in spezialisierten Märkten auf der Mikroebene, entstehen nach Rip und Kemp (1998) Routinen und schließlich Abhängigkeiten, die zu einer immer tiefer gehenden Einbettung der Technologie in das technische Regime und die sozio-technische Landschaft führen. In der Folge wird eine Reduktion der Komplexität erreicht. Nutzer entwickeln ein wachsendes Verständnis für die Technologie und für die Vorteile, die sie ihnen im Alltag bringt, so dass sie schließlich als Teil des täglichen Lebens akzeptiert und vorausgesetzt wird. Damit einhergehend entsteht Irreversibilität durch steigende Abhängigkeiten, so dass Wandel zunehmend schwieriger wird. Dieser wird im Regime nur noch in inkrementeller Form stimuliert, so dass systemische Strukturen und Routinen davon nicht betroffen sind.

Radikalere strukturelle Innovationen stoßen in einem stabilen technischen Regime auf Widerstand. Solche grundlegenden Veränderungen haben lediglich dann eine Chance, wenn ein Problem im aktuellen technischen System vorhanden ist, das offensichtlich nicht mit der vorhandenen Technologie zu lösen ist, z.B. der Wandel von Marktinteressen hin zu umweltfreundlicheren Technologien. Hier können bestehende technische Systeme an Wachstumsgrenzen stoßen, die durch inkrementelle Verbesserungen nicht lösbar sind und schließlich zu niedrigeren Gewinnen führen. Gerade in einem ökonomischen Kontext spielt das Voraussehen von künftigen systemischen Problemen, die Rip und Kemp (1998, 363) als „presumptive anomaly“ bezeichnen, eine wichtige Rolle in einer Umgebung, die von Wettbewerbsdruck zwischen Firmen geprägt ist. Die vorausschauende strategische Ausrichtung von Investitionen in Innovationen, die potentielle Probleme im technischen System lösen können, wird somit zu einem Wettbewerbsfaktor, der mit großen Risiken und Chancen verbunden ist. Betrachtet man Unternehmen aus einer systemischen Perspektive, so gilt auch hier der Umstand, dass mit steigender Größe und voranschreitender Zeit bestehende Strukturen gefestigt werden, was grundlegendem Wandel im Wege stehen kann. Auf diese Weise können radikale Innovationen zu existentiellen Risiken für Unternehmen werden, da sie neue Fähigkeiten des Personals voraussetzen und den Status Quo des *human capital* quasi ‚entwerten‘ oder investiertes Kapital vernichten können, wenn sich getätigte Investitionen noch nicht amortisiert haben. Chancen bestehen für flexiblere Unternehmen, die sich frei von bestehenden Abhängigkeiten einer radikalen Innovation anpassen können. Auch wenn sie dabei anfangs keinen großen Marktanteil gewinnen, positionieren sie sich bereits für die Zukunft.

Jedoch zeigt das Beispiel der aktuellen Entwicklung in der Elektromobilität, dass auch große Firmen Teile ihres Kapitals in strategischen Ausrichtungen für eine Zukunft investieren, in der möglicherweise Strom der Treibstoff für Automobile sein wird. Hierbei ist es das Ziel, sich über einen langen Zeitraum neu zu positionieren, um gewappnet für eine gesellschaftliche Entwicklung hin zum Elektroauto zu sein. Große, finanzstarke und einflussreiche Unternehmen, die in radikale Innovationen investieren, können damit einen Impuls kreieren, der möglicherweise stark genug ist, um den Entwicklungspfad des aktuellen Systems zu verändern. Durch komplementäre Prozess- und Produktverbesserungen von anderen, lernenden Unternehmen, die u.a. zu einer Kostenreduktion der Technologie führen, besteht schließlich die Möglichkeit, dass das alte technische Regime abgelöst wird. Beispielsweise die Entwicklung des Computers zeigt jedoch, dass Marktkräfte für radikale Veränderungen des Regimes häufig nicht suffizient sind. Unterstützung u.a. durch Universitäten und Regierung ist notwendig, um institutionelle und regulative Voraussetzungen zu schaffen, den *transition path* zu ebnen und einen alternativen technologischen Entwicklungspfad (*technological trajectory*) zu ermöglichen, indem bestehende Strukturen und Routinen aufgelöst oder zumindest gelockert werden, z.B. durch finanzielle Anreizsysteme in Form von Steuern oder Subventionen (Rip & Kemp 1998, 364). Um einen solchen Eingriff in die Märkte zu rechtfertigen, muss jedoch ein klares Verständnis vom technologischen Wandel und dessen gewünschter Richtung vorhanden sein (siehe Kap. 5.3).

Auch kann der gesellschaftliche Diskurs dem Wandel des aktuellen technischen Regimes im Weg stehen. Es ist möglich, dass die aktuelle Ausprägung des Systems durchaus suboptimal für die beteiligten Akteure ist, obwohl sie Veränderung nicht aktiv unterstützen. Zum einen kann es sein, dass Akteure nicht wissen, dass sie einen anderen Systemzustand als besser für sich empfinden, bevor er wirklich eintritt. Zum anderen kann es passieren, dass viele gesellschaftliche Akteure sich zwar einig über einen anderen, besseren Systemzustand sind, der Weg dahin aber trotzdem nicht aktiv unterstützt oder gar behindert wird. Dabei sind mangelnde Informationen über Konsequenzen der Haupthinderungsgrund für den Wandel. Diese Informationen können dabei entweder grundsätzlich nicht verfügbar sein oder gezielt von Befürwortern des aktuellen Systems beeinflusst bzw. verheimlicht werden. Da das Risiko von Einschränkungen der täglichen Routine in einem neuen System hoch ist, wenn der Informationsstand über eine neue Technologie gering ausfällt, sind weniger gesellschaftliche Akteure bereit, einen technologischen Wandel aktiv zu unterstützen, auch wenn sie die Vision prinzipiell befürworten. Solche den Wandel hemmende Umstände mit einer extrem ausgeprägten Pfadabhängigkeit und einem zu stabilen System werden als *Lock-In* bezeichnet (Khalil 2013; Foxon 2007). Dieser Umstand wird in Kap. 4 genauer beschrieben.

Aufbauend auf der Arbeit von Rip und Kemp (1998) wurde das Konzept der Multi-Level Perspektive [MLP] entwickelt (Geels 2002; Geels & Schot 2007; Geels 2011), das bis heute als eines der zentralen Frameworks im Bereich der Transitionsforschung angesehen wird (Smith et al. 2010; Coenen & Diaz Lopez 2010). Ähnlich wie Rip und Kemp (1998) verwendet Geels (2002) drei verschiedene Ebenen, die Mikro-, Meso- und Makroebene, die miteinander in Verbindung stehen. Er erweitert jedoch den Begriff des technischen Systems und bezeichnet dieses nun als sozio-technisches System, was der abschließenden Emanzipation des sozialen Aspekts im Bereich der Innovationsforschung gleichkommt. Sozio-technische Systeme befinden sich auf der Mesoebene und werden von mehr oder weniger stabilen Regimen zusammengehalten und geleitet. Auch die Begriffe der sozio-technischen Landschaft und der sozio-technischen Nischen werden aufgegriffen und – wie der Regimebegriff – nahezu identisch definiert und lediglich weiter differenziert. Daher genügt es, auf die bei Rip und Kemp (1998) verwendeten Definitionen zu verweisen. Lediglich Abweichungen und Erweiterungen werden hervorgehoben. Etwas ausführlicher wird auf die Ähnlichkeit von Nischen und Regimes als organisatorische Felder, d.h. als Gemeinschaften von verschiedenen interagierenden Gruppen, hingewiesen. Während diese Gemeinschaften innerhalb von Regimes groß und stabil sind, sind sie auf der Nischenebene eher klein und instabil. Auch die sozio-technische Landschaft wird weiter differenziert. Auf der Basis von Suarez und Olvia (2005), die verschiedene Kategorien für externen Umwelteinfluss auf Unternehmen entwickelt haben, erweitern Geels und Schot (2007) den Landschaftsbegriff und differenzieren die Umwelteinflüsse nach *frequency* (Anzahl von Störungen durch die sozio-technische Landschaft pro Zeiteinheit), *amplitude* (Ausmaß der Störung als Differenz zum Ursprungszustand), *speed* (Geschwindigkeit der Veränderung, die durch eine Störung ausgelöst wurde) und *scope* (Anzahl der Dimensionen der Landschaftsebene, die von gleichzeitig stattfindenden Störungen betroffen sind).

Diese Variablen definieren unterschiedliche Kategorien. „Regular“ bezeichnet eine Landschaft, die sich langsam und gradlinig verändert, während „Hyperturbulence“ viele schnelle Störungen in unterschiedliche Richtungen auf der Makroebene aufweist. Ein „Specific Shock“ ist eine schnelle Störung von großem Ausmaß, die eher selten eintritt und i.d.R. nur einen begrenzten Bereich der sozio-technischen Landschaft betrifft. Dieser kann nach einer gewissen Zeit verschwinden, so dass das System zum Ursprungszustand zurückkehrt, oder er löst eine strukturelle Veränderung auf der Makroebene aus, die dann Schritt für Schritt erfolgt. Als „Disruptive Change“ wird eine Veränderung von hohem Ausmaß bezeichnet, die von vielen kleinen Veränderungen in einer Dimension der Landschaft geprägt ist. Diese erfolgen zwar gradlinig, aber im Gegensatz zum „Specific Shock“ zeitlich

unregelmäßig. Die letzte Kategorie ist der „Avalanche Change“, der sehr unregelmäßige Veränderungen beinhaltet, die zusammengenommen ein hohes Ausmaß bedingen, relativ schnell vonstatten gehen und gleichzeitig auf mehreren Dimensionen der sozio-technischen Landschaft erfolgen. Bis auf die „Hyperturbulence“, die zwar in einer reinen Marktumgebung Sinn ergibt, jedoch im Bereich der sozio-technischen Landschaft so nicht auftreten kann, werden die Kategorien für die Multi-Level Perspektive adaptiert (Geels & Schot 2007, 404 nach Suarez & Olvia 2005).

Während die Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Levels bisher nur wenig strukturiert beschrieben wurden, konzeptualisiert sie Geels in erweitertem Maß und vereinfacht damit das Verständnis der systemischen Wechselwirkungen erheblich. Bei der statischen Form der Multi-Level Perspektive stehen die sozio-technischen Systeme im Zentrum, die sich quasi unter dem Schirm der sozio-technischen Landschaft befinden. Von der Mikroebene aus ist in Pfeilform Einfluss aus sozio-technischen Nischen zu erkennen (siehe dazu die Abbildung von Geels 2002, 1261). In der dynamischen, prozeduralen Variante der Multi-Level Perspektive (siehe dazu die Abbildung von Geels 2011, 28) werden dieselben drei Levels wie in der statischen Version der MLP gezeigt, mit dem Unterschied, dass nun der Transitionsprozess des Systems auf der Mesoebene über einen Zeitverlauf dargestellt wird. Die vertikale Achse beschreibt die zunehmende Strukturierung von Innovationssystemen, die zunächst auf der Mikroebene als kleine Unterstützernetzwerke rund um eine Innovation angesiedelt sind. Durch Lernprozesse und Co-Evolution zwischen dem Design der Innovation und den Erwartungen und Anwendungen der Nutzer stabilisiert sich dieses Innovationssystem und reift in der geschützten Nische, bis es Einfluss auf das vorhandene sozio-technische Regime nehmen kann. Abhängig von der Stabilität des vorhandenen Systems kann die Innovation dann eine radikale Form annehmen und essentielle strukturelle Änderungen an Regime und System bewirken oder in der vorhandenen sozio-technischen Nische verbleiben, wenn der Widerstand des vorhandenen stabilen Regimes, das prinzipiell „system improvement instead of system innovation“ (Kemp 2010, 293) und „change that is non-disruptive“ (ibid.) befürwortet, nicht zu brechen ist.

Die Stabilität des Regimes, die durch etablierte kognitive Routinen, die die Sicht auf Aspekte außerhalb des Gewohnten versperren, Regeln und Standards, die auf das vorhandene Regime abgestimmt sind, die Anpassung der Lebensumstände unterschiedlicher Akteure an das vorhandene System oder nicht abgeschriebene Investitionen über die Zeit zunimmt (Geels & Schot 2007, 400), kann durch systeminterne Probleme oder durch externen Einfluss aus der sozio-technischen Landschaft verringert werden. Als Beispiel für einen externen Schock kann die Atomkatastrophe in Fukushima im Jahr 2011 angeführt werden, die einen massiven, negativen Einfluss auf das in Deutschland vorhandene fossil-atomare Energiesystem hatte. Durch öffentlichen Druck wurden politische Konsequenzen in Form eines schnelleren Atomausstiegs gezogen, die zu Problemen innerhalb des genannten Systems führten. Schneller als geplant fiel ein erheblicher Anteil der Energieversorgungsstruktur in Deutschland weg, der durch andere Energiequellen gedeckt werden musste. Geels (2010, 495) bezeichnet solche Umstände als „window of opportunity“, die dazu führen, dass in Nischen vorhandene Innovationen durchbrechen können und befähigt werden, essenziellen Einfluss auf das vorhandene System zu nehmen. Auch können antizipierte zukünftige Probleme in der sozio-technischen Landschaft zur Bildung neuer Innovationsnischen führen, die im Falle des Eintretens des Problems das nötige „window of opportunity“ vorfinden, um strukturgebend zu wirken. Ein Beispiel hierfür ist der vorhersagbare Mangel an Erdöl, der schlussendlich zu einer Verteuerung von fossilem Kraftstoff für Mobilität führen wird (de Almeida & Silva 2009; Mitchell 2006). In der Folge haben große Automobilfirmen frühzeitig begonnen, elektrisch betriebene Fahrzeuge zu entwickeln. Auch die Bundesregierung in Deutschland versucht, einen *transition path* für diese Nischen zu ebnen, indem steuerliche Anreize für

Endverbraucher und Produzenten sowie Gelder für Forschung und Entwicklung gewährt werden (Bundesregierung Deutschland 2011).

Stellt sich eine Innovation als radikal heraus, was häufig erst *ex post* erkennbar ist (Geels 2005a, 89), und verändert das vorhandene sozio-technische System nachhaltig, so kann sie Einfluss auf die gesamte sozio-technische Landschaft ausüben. So schaffte die Diffusion des Automobils Ende des 19. Jahrhunderts nicht nur strukturgebende, infrastrukturelle Veränderungen (Autobahnen, Tankstellen, Werkstätten), sondern auch Konkurrenzdruck auf alternative Reisemethoden, z.B. das Eisenbahnsystem, und Landnutzungsänderungen durch die einsetzende Sub-Urbanisierung in bis dahin ländlich geprägten Stadtumgebungen (Geels 2005b).

Den Verlauf einer Transition teilen Rotmans et al. (2001) in vier idealtypische Phasen ein. In der *Predevelopment Phase* verweilt die Innovation in ihrer sozio-technischen Nische; das System befindet sich in einem dynamischen Equilibrium, ohne dass die Innovation Veränderungen verursacht. Die *Take-off Phase* ist dadurch definiert, dass ein langsam einsetzender Wandel im System zu erkennen ist. Beschleunigt geschieht dieser Wandel in der *Acceleration Phase*, in welcher der „Breakthrough“ erfolgt. Eine sichtbare strukturelle Veränderung im System wird durch die Akkumulation einzelner sozio-kultureller, ökonomischer, ökologischer und institutioneller Entwicklungen bedingt, die sich gegenseitig beeinflussen und zu einem kollektiven Lernprozess und der Diffusion und Einbettung der Innovation innerhalb des Systems führen. In der abschließenden *Stabilization Phase* verringert sich die Geschwindigkeit der sozialen Entwicklung, und es entsteht ein neues dynamisches Equilibrium (Rotmans et al. 2001, 17).

Aufgrund von Kritik an diesem generalisierten und vereinfachten Verständnis vom Ablauf einer Transition in sozio-technischen Systemen (Smith et al. 2005), verfeinern Geels und Schot (2007) den idealtypischen Ablauf und ergänzen unterschiedliche Typen von *Transition Pathways*, die sich im Timing und der Art der Interaktion zwischen den Ebenen unterscheiden. Das Timing bezieht sich auf den Zeitpunkt der Interaktion zwischen Landschaft und Nische. So kann es vorkommen, dass genügend Druck von Seiten der Makroebene ein *window of opportunity* öffnet, die Innovation auf der Mikroebene jedoch nicht ausreichend ‚gereift‘ ist, um diese Gelegenheit zu nutzen. Nur wenn die Innovation durch Lernprozesse ein dominantes Design entwickelt hat, sich mächtige Unterstützer im Innovationssystem befinden, das Kosten-Nutzen Verhältnis verbessert wurde, hohe Erwartungen in weitere Verbesserungen bestehen und die Innovation bereits in einer ausreichend großen Marktnische zur Anwendung kommt, kann sie als vollständig entwickelt bezeichnet werden und ein *window of opportunity* nutzen.

Die Art der Interaktion kann sich als unterstützend oder konkurrierend erweisen. Im Falle eines *regular change* hat die Veränderung der sozio-technischen Landschaft einen das Regime unterstützenden Charakter. In diesem *reproduction process* können zwar voll ausgebildete Innovationen in Nischen vorhanden sein, haben jedoch geringe Chancen, diese zu verlassen und signifikanten Einfluss auf das Regime zu nehmen, das in diesem Fall dynamisch stabil ist. Übt im Falle eines *disruptive change* die Landschaft Druck auf das Regime aus, wird Raum für Transitionen ermöglicht. Auch die Interaktion zwischen Nische und Regime kann konkurrierend oder symbiotisch ausfallen, wobei die Innovation im ersten Fall das Regime ersetzen will, während sie im zweiten Fall als *competence-enhancing add-on* auftritt und keine Substitution darstellt, sondern als Erweiterung zum bestehenden System dessen Leistung verbessert und vorhandene Probleme löst.

2.1.3 Typologie verschiedener Transition Pathways

Aus diesen unterschiedlichen Voraussetzungen ergeben sich vier Arten von Transitionspfaden. Der erste wird von Geels und Schot (2007) als *transformation path* bezeichnet. Er liegt vor, wenn zwar

moderater Druck (z.B. in einer frühen Phase eines *disruptive change*) von der Makroebene erzeugt wird, aber keine ausreichend entwickelte Innovation auf der Mikroebene vorhanden ist, die essentielle Änderungen am bestehenden Regime auslösen könnte. In der Folge ändern die Akteure des Regimes die Ausrichtung des ursprünglich angedachten Entwicklungspfad und der Innovationstätigkeiten. Eine solche Art von Veränderung wird häufig nicht direkt von Akteuren des Regimes initiiert, da diese durch ihre Routinen einen eingeschränkten Blick für Probleme innerhalb des Systems haben. Stattdessen spielen *outsider*, die van de Poel (2003, 52) als „actors that do not share the (core) rules of the regime“ definiert werden, eine zentrale Rolle. Solche Akteure können quasi als Dolmetscher für Druck von der Landschaftsebene dienen, indem sie auf negative externe Effekte hinweisen und diese in den Fokus der internen Akteure bringen. Als *outsider* können beispielsweise Wissenschaftler auftreten, die neue Erkenntnisse hinsichtlich einzelner Aspekte des Systems identifizieren, oder externe Unternehmen, die neue Technologien entwickeln. Soziale Bewegungen in Form von NGOs, Aktivistengruppen oder Vereinen sind in einem solchen Fall meist die ersten, die als Sprachrohr für die Erkenntnisse der *outsider* dienen und Veränderung fordern. In der Folge können Machtkämpfe und Konflikte entstehen, die schließlich zu einem veränderten Entwicklungspfad führen. Das neue Regime entwickelt sich aus dem alten heraus, indem die Akteure Nutzen ziehen aus ihrer „adaptive capacity to reorient development trajectories“ (Geels & Schot 2007, 407) und dabei in der Regel die Transition mit dem Regimewandel überstehen. Innovationen haben in diesem Transitionsfad keine radikale, strukturverändernde Natur, sondern tragen als „symbiotic niche-innovations“ (ibid.) zur Leistungsverbesserung des Regimes bei.

Der zweite Typ einer Transition ist der *de-alignment and re-alignment path*. Dieser wird von divergierenden und schnellen Veränderungen von großem Ausmaß auf der Makroebene ausgelöst (*avalanche change*), die dazu führen, dass die Akteure des Regimes Vertrauen in das System verlieren und dieses sich nach und nach auflöst. Sollten zu diesem Zeitpunkt keine voll entwickelten Innovationen in Nischen vorhanden sein, die ein neues Regime prägen können, beginnt ein Wettkampf zwischen mehreren Innovationen, die nebeneinander existieren, bis sich ein Entwicklungspfad durchsetzt, der dann das neue Regime formt.

Die dritte Form einer Transition in einem sozio-technischen System ist die *technological substitution*, die durch einen hohen Druck der sozio-technischen Landschaft (z.B. *specific shock*, *avalanche change* oder späterer *disruptive change*) ausgelöst wird. Im Gegensatz zum zuvor genannten Typ einer Transition ist (sind) hier jedoch eine (oder mehrere) voll entwickelte Innovation(en) auf der Mikroebene vorhanden, die dem Druck der Makroebene entgegenwirken und in der Folge ein neues Regime kreieren kann (können). Als Konsequenz können Akteure, die auf die alte Technologie spezialisiert waren, oft nicht bestehen und werden durch neue ersetzt.

Die letzte Kategorie von Transitionen bildet der *reconfiguration pathway*. Dieser gleicht zunächst dem *transformation pathway*, weil Innovationen eine Symbiose mit dem bestehenden Regime eingehen und dieses als *add-on* verbessern. Bleiben Struktur und Grundfunktionen des Systems bestehen, handelt es sich um einen *transformation pathway*. Jedoch kann durch die Innovation eine Kettenreaktion ausgelöst werden, die zu neuen Entwicklungen innerhalb des Systems führt. Unter Druck der Makroebene entstehen so schließlich doch essentielle Veränderungen in der Grundstruktur des Systems, die wiederum neue *windows of opportunity* öffnen und durch Substitution einzelner Komponenten Schritt für Schritt ein neues System formen.

Die verschiedenen Transitionsfade können nicht nur alternativ auftreten, sondern auch als Sequenz, z.B. im Fall eines *disruptive change*. Dieser verursacht anfangs lediglich moderaten Druck von der Makroebene und führt zu einem *transformation path*. Die Akteure verändern die Richtung des Entwicklungspfad leicht und adaptieren, wenn nötig, symbiotische Innovationen, um kleinere

Probleme innerhalb des Systems zu lösen. Wird der Druck dadurch allerdings nicht verringert, kann sich die Transition zu einem *reconfiguration path* entwickeln, der durch Substitution einzelner Komponenten die Grundstruktur des Systems verändert. Nimmt der Druck weiter zu, kann die Grenze der *adaptive capacity* der Akteure erreicht werden, so dass es nun zum Verlust des Vertrauens in das System kommt, so dass eine *technological substitution* oder – im Falle nicht vollständig entwickelter Innovationen auf der Mikroebene – ein *de-alignment and re-alignment pathway* wahrscheinlich werden.

2.2 Resilienztheorie

Resilienz ist ein Begriff, der in letzter Zeit in der Nachhaltigkeitsdebatte immer häufiger anzutreffen ist. So postulierte beispielsweise Dennis Meadows, Mitbegründer des „Club of Rome“ und Herausgeber des für die Nachhaltigkeitsforschung zentralen Werks „The Limits to Growth“, bei einem Vortrag im Jahre 2012 eine Abkehr von der Vorstellung einer klassischen nachhaltigen Entwicklung, um negative Entwicklungen wie den Klimawandel aufzuhalten. Da sich die Menschheit seit der Publikation von „The Limits to Growth“ im Jahre 1972 nicht für den nachhaltigen Entwicklungspfad, sondern für den „overshoot path“ (Meadows 2012, 2) entschieden habe, sei es nun zu spät, um Entwicklungen wie den ansteigenden Verbrauch von Rohstoffen oder die weltweite Zunahme des ökologischen Fußabdrucks aufzuhalten. Als Konsequenz solle der Fokus u.a. auf die Erhöhung der Resilienz von essentiellen Systemen gelegt werden, um diese in die Lage zu versetzen „to absorb a shock and quickly regain the ability to perform essential functions“ (Meadows 2012, 24).

Der Begriff ‚Resilienz‘ wird somit zunehmend in unterschiedlichsten Zusammenhängen sowohl auf politischer als auch auf wissenschaftlicher Ebene verwendet. Bezeichnet er allgemein häufig die „ability to return quickly to previous (and good) condition“ (Bahadur et al. 2010, 4), bestehen in der Wissenschaft disziplinübergreifend parallele Definitionsansätze. So gibt es beispielsweise in der Psychologie und den Ingenieurwissenschaften eigene Auffassungen von Resilienz. Auch in die Wirtschaftswissenschaften hat das Konzept eines resilienten Systems in Form eines erweiterten Risikomanagements Einzug gehalten (z.B. Australian National Audit Office 2009; Booz Allen Hamilton 2004), worauf in Kap. 5.3. ausführlich eingegangen wird.

Das Konzept von Resilienz, das in der vorliegenden Arbeit behandelt werden soll, stammt aus dem Grenzbereich von Ökologie, Ökonomie und Soziologie. Aus einer systemischen Perspektive werden sozio-ökologische Systeme [SES] betrachtet, in denen soziale und ökologische Komponenten eng miteinander verflochten sind und in Interaktion miteinander existieren. Im folgenden Abschnitt wird ein Überblick über die Entwicklung dieses Ansatzes gegeben und dabei der Begriff spezifiziert und definiert. Dass dies unerlässlich ist, zeigt die große Vielfalt an existierenden Ansätzen. So berücksichtigen beispielsweise Bahadur et al. (2010) in ihrem Literaturüberblick über den Bereich der Resilienz in sozio-ökologischen Systemen 16 unterschiedliche konzeptionelle Ansätze, und Walker et al. (2004, 1) sind der Auffassung: „different interpretations of what is meant by resilience, however, cause confusion“. Es ist daher notwendig, Herkunft und Entstehungsgeschichte von Resilienz in sozio-ökologischen Systemen zu erläutern und unterschiedliche Ausprägungen des Begriffs auf einen gemeinsamen Ursprung zurückzuführen.

2.2.1 Zur Geschichte der Idee eines resilienten Systems

Gedanken, die dem Konzept der Resilienz zugrunde liegen, existieren seit mehreren Jahrhunderten. Thomas Robert Malthus (1798) entwickelte die Vorstellung, dass das Bevölkerungswachstum exponentiell ansteige (ausgelöst durch den als animalisch bezeichneten Sexualtrieb), während die Nahrungsmittelversorgung lediglich linear zunehme, wodurch irgendwann ein Punkt erreicht werde,

an dem durch Unterversorgung Teile der Bevölkerung sterben. Lediglich „positive checks“ in Form von Kriegen oder Hungersnöten könnten diese Entwicklung hemmen (Claeys 2000, 229-230).

Diese Annahmen inspirierten die bis heute populären und umstrittenen Evolutionstheorien von Herbert Spencer und Charles Darwin. Ersterer gilt als Erfinder des Begriffs *survival of the fittest*; er erweiterte Malthus' Bevölkerungstheorie um einen Selektions- bzw. Fortschrittsgedanken, indem er innerartlichen Wettkampf, der primär durch steigenden Populationsdruck ausgelöst wird, als Grundlage für Fortschritt definierte. Darwin entwickelte – gemeinsam mit Alfred Russel Wallace – in seinem 1859 erschienenen Werk „On the Origin of Species“ seine *theory of natural selection* und adaptierte in späteren Arbeiten den Begriff des *survival of the fittest* (nach Claeys 2000, 223-224). Jedoch entwickelten sich bereits zu Darwins Lebzeiten Debatten um die Definition von „the fittest“. Spätestens als der ‚soziale Darwinismus‘ aufkam und damit die Frage, wie sich die Gesellschaft evolutionär nach den Bedingungen der natürlichen Selektion weiterentwickeln kann, entbrannten Diskussionen darüber, nach welchen Kriterien gesellschaftliche Gruppen überleben oder aussterben. Diese Debatte ist bis heute nicht abgeschlossen. Aktuelle Aufsätze (z.B. von Sydow 2014) diskutieren sowohl die Definition von „the fittest“ wie auch verschiedene Anwendungsbereiche und Interpretationsmöglichkeiten der Theorie der natürlichen Selektion. Speziell die Frage nach Indikatoren für eine höhere Überlebenswahrscheinlichkeit unter unterschiedlichen Stressfaktoren spielt dabei disziplinübergreifend eine wichtige Rolle.

Während das Prinzip des *survival of the fittest* bis heute – häufig als Metapher – in unterschiedlichen Anwendungsbereichen zu finden ist, prägte Holling (1973) einen semantisch ähnlich besetzten neuen Begriff in einem systemischen Zusammenhang: Resilienz. Diese ist als Eigenschaft eines ökologischen Systems zu verstehen, deren Ausprägung als Resultat das Fortbestehen oder die Wahrscheinlichkeit des ‚Aussterbens‘ des Systems bestimmt. Sie charakterisiert „the persistence of relationships within a system and is a measure of the ability of these systems to absorb changes of state variables, driving variables, and parameters, and still persist“ (Holling 1973, 17). Resilienz existiert zusammen mit einer anderen Systemeigenschaft, der Stabilität, welche als Fähigkeit eines Systems definiert wird, nach einer temporären Störung wieder zu einem Equilibrium, also zu einem systemischen Gleichgewicht, zurückzukehren. Als Ausprägungen der Stabilität gelten die Geschwindigkeit der Rückkehr zum Equilibrium und die Fluktuation des Systemzustandes, die durch die Störung verursacht wird. Je schneller ein ökologisches System nach einer externen Störung zum Equilibrium zurückkehrt und je geringer das Ausmaß der vom Equilibrium abweichenden Schwankung ist, desto höher ist die systemische Stabilität. Holling und Gunderson (2002, 28) bezeichnen dies als *engineering resilience*, die den Fokus auf der Erhaltung der Effizienz richtet.

Für einen Menschen, der erneuerbare natürliche Ressourcen nutzen will, ergibt sich durch das Resilienzkonzept eine neue Perspektive für das Management dieser Ressourcen. Liegt der Fokus auf der Stabilität des Systems, steht das Equilibrium – also der Status Quo – im Zentrum der Aktivitäten. Das betrachtete System und die möglichen externen Störungen sollen möglichst vorhersagbar sein, die Nutzung der Ressourcen möglichst wenig Fluktuation verursachen. Hollings Resilienzkonzept bedingt dagegen einen Perspektivenwechsel weg vom Equilibrium hin zum *domain of attraction* des Equilibriums. Metaphorisch betrachtet kann dieses *domain of attraction* als Gefäß um ein systemisches Equilibrium verstanden werden, dessen Ausmaß und Struktur bestimmen, wie stark eine externe Störung sein muss, damit das System in der bestehenden Form ausgelöscht wird. Ist die Störung stark genug, überschreitet das System die Grenzen des *domain of attraction* und wandelt seine Strukturen grundlegend. Aus einer Wahrscheinlichkeitsperspektive bedeutet ein größeres *domain of attraction* folglich, dass eine größere Anzahl an Störungen verarbeitet werden kann, wodurch die Wahrscheinlichkeit sinkt, dass ein externer Schock ausreichend stark ist, um das System aus dem

vorhandenen *domain of attraction* zu lösen. Die Resilienz korreliert folglich mit der Größe des *domain of attraction*.

Ein Managementansatz, der auf Resilienz beruht, basiert auf der Akzeptanz des eigenen Unwissens. Verschiedene Optionen müssen offen gehalten, ein regionaler Kontext statt eines lokalen berücksichtigt und Heterogenität gefördert werden. Ökologische Systeme, die nach dem Resilienzansatz gemanagt werden, müssen in die Lage versetzt werden, auch unerwartete, nicht vorhersagbare Ereignisse zu absorbieren und zu verarbeiten (Holling 1973, 21).

Während Holling (1973) das Konzept der Resilienz ausschließlich auf ökologische Systeme ausrichtet und den Menschen als externen Nutzer von Ressourcen aus diesen Systemen beschreibt, der durch gezieltes Management deren Nachhaltigkeit und Effizienz beeinflussen kann, finden Anfang der 1990er Jahre erstmals Verknüpfungen von sozialen und ökologischen Systemen im Kontext der Resilienz statt. Einen wichtigen Anstoß gibt hierbei Ostrom (1990), die anhand des Beispiels des *common property managements* soziale Systeme mit ihren Strukturen, Beziehungen und Regelsystemen bei der Betrachtung und Nutzung von ökologischen Ressourcensystemen berücksichtigt. Teilweise auf Ostroms Ideen aufbauend, konzeptualisieren Berkes und Folke (1994) die Verknüpfung von sozialen und ökologischen Systemen mit dem expliziten Ziel, Resilienz und Nachhaltigkeit zu fördern. Dabei berücksichtigen sie fünf Elemente, um die sozialen und ökologischen Eigenschaften des Systems und dessen Verknüpfungen abzubilden: „(1) ecosystem, (2) people and technology, (3) local knowledge, (4) property rights, and (5) institutions“ (Berkes & Folke 1994, 5). Bezogen auf Resilienz basiert der erste Aspekt, das *ecosystem*, auf Hollings Ideen der Resilienz eines ökologischen Systems. Kritisiert wird ein auf das Equilibrium zentrierter Resilienzansatz, der auf Vorhersagen, Kontrolle und Prävention beruht. Der Fokus auf wenige Variablen im System (z.B. nutzbare Ressourcen), deren Umgebung durch Managementaktivitäten möglichst von potentiellen Schocks befreit wird, verringert langfristig die Anpassungsfähigkeit des Systems, da es nicht mehr auf Unregelmäßigkeiten reagieren muss und sich deswegen nicht weiterentwickeln bzw. anpassen kann. Ein großer Schock kann in der Folge mit einer höheren Wahrscheinlichkeit das ganze System auslöschen. Ein auf Resilienz als „magnitude or scale of disturbance that can be absorbed before the the system changes in structure by changing the variables and processes that control behavior“ (Ibd., 6) ausgerichteter Wissenschaftsansatz, in dem ökologische Systeme als zu komplex für ausreichend genaue Vorhersagen angesehen werden, wendet sich deswegen von einer objektiv-positivistischen Perspektive ab und erkennt Systeme als Einheiten an, die selbstständig auf externe Störungen reagieren. Damit einhergehend wird die qualitative gegenüber der rein quantitativen positivistischen Forschung aufgewertet.

Die weiteren vier genannten Bereiche des sozio-ökologischen Resilienzkonzeptes beziehen sich auf das soziale System, das in Interaktion mit dem ökologischen System steht. Zwar wird der Mensch auch hier primär als Nutzer der natürlichen Ressourcen verstanden, die durch ökologische Systeme bereitgestellt werden, jedoch werden auch die sozialen Faktoren, die den Umgang mit dem ökologischen System bestimmen, detailliert und v.a. systemisch betrachtet. *People and technology* beschreibt die Nutzer des Ökosystems und deren technologische Möglichkeiten zur Nutzung der Ressourcen. Letztere haben einen großen Einfluss auf die Art der Nutzung, da begrenzte technologische Ressourcen den Verbrauch an natürlichen Ressourcen regulieren können. *Local knowledge* beschreibt das Wissen der Nutzer über das ökologische System und die Art der Bewirtschaftung. Berkes und Folke (1994, 7) betonen dabei die Wichtigkeit von traditionellen Bewirtschaftungsformen im Kontrast zu hoch spezialisierten und industrialisierten Monokulturen, da diese häufig eine höhere Vielfalt und Heterogenität und damit einhergehend eine höhere Resilienz aufweisen. *Property rights* und *institutions* ähneln in ihrer Definition dem Regime in der Transitionstheorie und sind eng miteinander verbunden. Unter „Institutionen“ verstehen Berkes und Folke (1994, 3-4 nach North 1993) „humanly devised constraints that structure human interaction. They are made up of formal constraints (rules, laws, constitutions),

informal constraints (norms of behavior, conventions and self-imposed codes of conduct), and their enforcement characteristics“. Nach dieser Definition sind Eigentumsrechte – genau wie *local knowledge* – bereits Teil der Institutionen des sozialen Systems und werden nur aufgrund ihrer potentiellen Komplexität und Relevanz im Bereich der Mensch-Umwelt-Beziehungen separat genannt.

Die genannten Bereiche des Systems werden durch Beziehungen, Abhängigkeiten und Feedbacks verbunden, wobei insbesondere Verbindungen innerhalb des sozialen sowie zwischen dem sozialen und ökologischen Teil im Fokus stehen, die zu Adaptionen im Gesamtsystem führen und damit Resilienz im Ökosystem fördern. Eine zentrale Rolle spielen Feedbacks im System. Je schneller und effizienter Entscheidungen einzelner Akteure verarbeitet werden und Feedbacks hervorrufen, desto flexibler und adaptiver ist das System. Durch diese Interaktionen werden *outcomes* generiert. Die Art der systemischen Interaktionen bestimmt dabei die Qualität und Quantität der Komponenten der *outcomes*, z.B. Nachhaltigkeit der Ressourcennutzung, Effizienz und ökonomischen Gewinn oder Resilienz des Systems. Abhängig von der Zielsetzung der Akteure können einzelne Komponenten des Systems abhängig von *outcomes* modifiziert werden, so dass ein Kreislauf und eine Co-Evolution zwischen dem ökologischen und sozialen Bereich des Systems entstehen.

2.2.2 Adaptability, Transformability und Resilienz als basin of attraction

Zehn Jahre später definieren Walker et al. (2004, 6) Resilienz wie folgt: „Resilience is the capacity of a system to absorb disturbance and reorganize while undergoing change so as to still retain essentially the same function, structure, identity, and feedbacks – in other words, stay in the same basin of attraction“. Dieser *basin of attraction* basiert auf der Idee des *domain of attraction* und ist durch die Variablen *latitude*, *resistance*, *precariousness* und *panarchy* gekennzeichnet; er befindet sich in einer *stability landscape* (siehe dazu die Abbildung von Walker et al. 2004, 4).

Die *latitude* beschreibt die Breite des *basin of attraction* und damit die maximale Veränderung des Systemzustands, der möglich ist, während das System grundlegende Funktionen, Strukturen, Feedbacks und Identität bewahrt, bevor es einen Grenzüberschritt vollzieht (*threshold*), den es sich in der vorliegenden Form nicht rückgängig machen kann. *Resistance* ist als Tiefe des *basin of attraction* definiert. Je tiefer dieser ist, desto steiler sind seine Wände und desto mehr Kraft muss aufgebracht werden, um Veränderung im System zu bewirken (sowohl durch Schocks als auch durch Adaptionsinitiativen). Als *precariousness* wird die Position bezeichnet, an der sich das System im *basin of attraction* befindet. Als Maß wird hierbei die Entfernung zu dessen Grenze genannt. Der letzte Aspekt, die *panarchy*, wird unten im Kapitel zum „*Adaptive Cycle*“ (siehe Kap. 4) genauer besprochen. Kurz gefasst beschreibt sie die Verknüpfungen mit über- und untergeordneten Ebenen des Systems.

Neben der Resilienz identifizieren Walker et al. (2004) zwei weitere Systemeigenschaften, die ausschlaggebend für die zukünftige Entwicklung des Systems sind: *adaptability* und *transformability*. Erstere steht dabei in engem Zusammenhang mit der Resilienz des Systems. Bezogen auf die Fähigkeit eines komplexen adaptiven Systems, sich selbst zu organisieren, bezeichnet *adaptability* die Fähigkeit des Systems, seine Resilienz zu beeinflussen. Da in einem sozio-ökologischen Kontext die meisten Aktivitäten menschlich induziert sind, ist diese Eigenschaft primär im sozialen Teil des sozio-ökologischen Systems [SES] anzusiedeln. Hierzu können Akteure auf allen vier Ebenen der Resilienz (siehe oben) aktiv Einfluss nehmen. Sie können die *stability landscape* beeinflussen, so dass der *threshold* sich vom aktuellen Systemzustand entfernt (*latitude*) oder umgekehrt den Systemzustand vom *threshold* des *basin of attraction* wegbewegen (*precariousness*). Desweiteren kann die *resistance* erhöht oder verringert werden, so dass systemische Veränderung erschwert oder vereinfacht wird. Zuletzt ist ein Management der skalenübergreifenden Zusammenhänge (*panarchy*) möglich, um die Resilienz des Systems anzupassen. Bei letzterem geht es v.a. darum, Verluste der Resilienz auf möglichst niedrigen hierarchischen Ebenen anzusiedeln, damit die sozialen und ökologischen Folgen

gering bleiben. Anzumerken ist, dass Walker et al. (2004) mit der *adaptability* eine in hohem Maß normativ geprägte Variable festlegen. Dadurch, dass das Management der Resilienz durch den Menschen im Fokus steht und die Lernfähigkeit des ökologischen Teilsystems als vernachlässigbar gilt, wird vorausgesetzt, dass bekannt ist und Einigung darüber herrscht, welcher Systemzustand als wünschenswert anzusehen ist und welcher nicht. Eine hohe Resilienz des aktuellen *basin of attraction* ist dabei nicht immer der wünschenswerte Zustand.

Transformability ist mehr oder weniger konträr zur Resilienz des Systems einzuordnen und bezieht sich auf den Zustand, in dem der aktuelle Systemzustand nicht mehr der wünschenswerte ist und nur durch eine Transformation wieder zu einem solchen werden kann. Es wird also die Fähigkeit des SES bezeichnet, ein grundlegend neues System zu schaffen: „defining and creating new stability landscapes by introducing new components and ways of making a living, thereby changing the state variables, and often the scale, that define the system“ (Walker et al. 2004, 7). Allerdings ergibt sich eine Inkonsistenz mit der oben genannten Resilienzdefinition. Diese wird durch den *basin of attraction* mit den genannten Eigenschaften beschrieben. Solange das System im *basin of attraction* verweilt, hat es per definitionem „essentially the same function, structure, identity, and feedbacks“ (Walker et al. 2004, 6). Folglich führt ein Verlassen des *basin of attraction* dazu, dass es grundlegende Veränderungen und damit eine Transformation durchläuft, ohne dass eine neue *stability landscape* gebildet werden muss. Die Transformation findet damit an der Grenze des *basin of attraction* statt. Nichtsdestoweniger erweitern Walker et al. (2004) die Perspektive der Resilienz, indem sie mit der Definition der *transformability* den Blick über die Grenze des aktuellen Systems richten. Kombiniert mit dem Konzept des *adaptive cycle* und der *panarchy* wird auf dieser Basis in Kap. 5 die Verknüpfung der Resilienz- und Transitionstheorie stattfinden.

2.2.3 Kurzer Verweis auf aktuelle Ausprägungen des Resilienzdiskurses

Zum aktuellen Resilienzdiskurs geben Bahadur et al. (2010) einen Überblick. Mittels einer strukturierten Literaturrecherche werden Artikel identifiziert, die sich mit Resilienz in sozio-ökologischen Systemen befassen. Das Resultat der Arbeit bilden die zehn am häufigsten genannten Charakteristika eines resilienten Systems, von denen hier aus Platzgründen nur die meistgenannten fünf vorgestellt werden sollen. Der am öftesten genannte Aspekt ist eine hohe Diversität, die das System offen für möglichst viele verschiedene potentielle Zukunftsszenarien halten soll. Einseitige Planungen und homogene Akteure verhindern eine hohe Diversität. Effektive *Governance* und Institutionen, beispielsweise gegenseitiges Vertrauen, stabile Normen und Regeln sowie dezentrale Netzwerke steigern die Resilienz des Systems. Weiterhin wichtig ist eine Perspektive, die Unsicherheit in Form von nicht genau vorhersagbaren Veränderungen innerhalb und außerhalb des Systems akzeptiert. Ähnlich der hohen Diversität zielt auch dieser Aspekt darauf ab, dass die Akteure des Systems sich von Kalkulationen und Vorhersagen und damit einhergehenden unflexiblen Handlungsschemata lösen und mehrere Systemzustände als Möglichkeit hinnehmen. Ebenso wird ein Ansatz nach Holling (1973) postuliert, der Systemdynamiken berücksichtigt, die sich nicht ausschließlich auf das momentane Equilibrium konzentrieren und die Lernfähigkeit, also die *adaptability* des Systems, fördert. Weiterhin wird die Inklusion von lokalen Akteuren und deren Wissen und Verständnis in die Entscheidungsfindung als Aspekt eines resilienten Systems verstanden (Bahadur et al. 2010).

3. Methodik

Die vorliegende Arbeit beruht auf Erkenntnissen, die durch logische Deduktion aus bewährten und empirisch überprüften Theorien gewonnen wurden. Ähnlich des Prinzips der *Grounded Theory* (Glaser & Strauss 2009) wird dabei die Theoriegenerierung als Ziel definiert. Während letztere in der *Grounded*

Theory jedoch i.d.R. auf empirisch gewonnenen Daten beruht, geschieht dies hier indirekt. Datengrundlage für die Entwicklung der theoretischen Erkenntnisse bilden die Wissenschaftsdisziplinen der Resilienz- und Transitionsforschung. Beide verfügen über Modelle und Frameworks, die ausreichend empirisch verifiziert und validiert wurden, so dass die Deduktion von Erkenntnissen, die auf diesen Frameworks beruht, indirekt auf deren empirischer Datengrundlage aufbaut. Eigene, auf den Methoden der empirischen Sozialwissenschaften basierende Primärerhebungen wurden nicht durchgeführt.

Um dennoch eine logisch nachvollziehbare und sinnvolle Erweiterung der bestehenden theoretischen Grundlagen zu ermöglichen, wurde zunächst eine intensive Literaturrecherche zu den beiden genannten Wissenschaftsbereichen durchgeführt. Die Sichtung der Literatur erfolgte dabei umfassend, um ein möglichst breites Bild des wissenschaftlichen Diskurses zu gewinnen. Nichtsdestoweniger wurde bereits in diesem Schritt gezielt nach gemeinsamen Grundlagen und potentiellen Anknüpfungspunkten gesucht. Gerade im Bereich der Resilienzforschung ergab die Literaturrecherche in den letzten Jahren eine starke Zunahme an Anwendungsbereichen und damit auch an Begriffsbestimmungen, die letztendlich mehr Verwirrung als Erkenntnisgewinn bedingt (Brown 2013, 1). Um eine stabile Grundlage für die Verknüpfung der Theorien zu ermöglichen, wurde darauf verzichtet, einzelne aktuellere Entwicklungen anzuführen, da diese nicht die notwendige Validität und Anerkennung im wissenschaftlichen Diskurs aufweisen. Stattdessen beruht die Resilienztheorie auf „one of the most cited papers in „Ecology and Society“, dem Konzept von Walker et al. (2004) und dessen Grundlagen für Dynamiken in sozio-ökologischen Systemen, dem *Adaptive Cycle* bzw. der *Panarchy* (Gunderson et al. 1995; Holling & Gunderson 2002), die ebenfalls zu den am häufigsten zitierten Werken im Bereich der Resilienzforschung zählen (1.184 bzw. 3.127 Zitationen nach „Google Scholar“). Damit liefern diese Arbeiten eine belastbare und valide theoretische Grundlage.

Die Transitionstheorie basiert auf der Innovationsforschung, die mit Rip und Kemp (1998) und Geels (2002 und spätere Arbeiten) zur Multi-Level Perspektive erweitert wurde. Dieses Konzept gilt als „highly influential in the discourse on innovation, competitiveness and sustainability“ (Coenen & Diaz Lopez 2010) und bietet sinnvolle Anknüpfungspunkte für eine Synthese mit der Resilienztheorie.

Zunächst wurde ein kurzer Überblick über die historische Entwicklung der Theorien gegeben. Dies diente der Identifikation von Gemeinsamkeiten in der historischen Entwicklung und soll ein tieferes Verständnis für den Resilienz- und Transitionsdiskurs schaffen. Anschließend wurden gemeinsame Grundlagen und unterschiedliche Begrifflichkeiten identifiziert, auf deren Basis die Verknüpfung der Theorien sinnvoll möglich war. Durch die Erweiterung der Perspektive um normative Aspekte in Form eines möglichen Managements der Systemdynamiken wurde ein erster Schritt hin zur praktischen Anwendung der theoretischen Erkenntnisse geschaffen.

4. *Panarchy* und der *Adaptive Cycle* als Brücke zwischen Resilienz- und Transitionstheorie

Als Theorie zur Dynamik eines SES beschreibt der *Adaptive Cycle* den periodischen, idealtypischen Ablauf der Entwicklung eines komplexen adaptiven sozio-ökologischen Systems (Holling 1986; Gunderson & Holling 2002; Gunderson et al. 1995). Für diese Theorie werden sowohl sozio-ökologische Systeme als auch ökonomische Anwendungsbereiche wie Märkte oder Unternehmen als empirische Beispiele angeführt (Gunderson & Holling 2002). Gemeinsam ist diesen Systemen, dass sie einen Zyklus durchlaufen, der durch vier Phasen gekennzeichnet ist: Die r-, K-, Ω - und α -Phase. Diese befinden sich in einem dreidimensionalen Raum, der aus den Ebenen Potential, *connectedness* und Resilienz besteht (siehe dazu die Abbildung von Holling 2001, 395)

Die r-Phase ist im ökonomischen Kontext vergleichbar mit einem bisher kaum erschlossenen Markt. Entrepreneure können sich durch eine hohe Flexibilität und die Fähigkeit, Chancen als solche zu erkennen und Risiken in Kauf zu nehmen, schnell größere Marktanteile sichern und wachsen. Im ökologischen System würde diese Phase z.B. einem fruchtbaren Boden nach einem Waldbrand entsprechen, auf dem sich neue Pflanzen ausbreiten, die sich schnell vermehren und an hohe mikroklimatische Variabilität adaptieren können. Diese Akteure werden von Holling und Gunderson (2002, 43) als „the risk-takers, the pioneers, the opportunists“ bezeichnet. Hohe Adaptabilität und geringe *connectedness* innerhalb des Systems (wenige Regulierungen, Verknüpfungen und Abhängigkeiten) bedingen eine hohe Resilienz (Holling & Gunderson 2002, 43). Das *basin of attraction* hat zwar eine geringe Tiefe (*resistance*), jedoch eine große Breite (*latitude*), auf welcher die hohe Resilienz basiert. Wo genau sich der finale *basin of attraction* bildet, muss zu diesem Zeitpunkt noch nicht final feststehen. Die *stability landscape* hat folglich eine weite und verhältnismäßig flache Struktur.

Der Übergang von der r- zur K-Phase beansprucht normalerweise die meiste Zeit im gesamten *Adaptive Cycle*. Er ist geprägt vom Wettkampf zwischen den Pionieren, von denen viele scheitern und wenige überleben, die sodann Potential in Form von Ressourcen akkumulieren. Ressourcen können dabei sowohl natürlich sein – wie Nährstoffe im Boden, Wasser oder Sonnenlicht – als auch menschlichen Ursprungs – z.B. Investitionskapital, Fähigkeiten oder Arbeitskräfte. Wettbewerbsvorteile werden auch durch Beziehungen zwischen Systemakteuren, die sich gegenseitig unterstützen, begünstigt, wodurch die *connectedness* und die Effizienz des gesamten Systems steigen. Die Zukunft des Systems wird damit vorhersehbarer und verhältnismäßig kontrollierbar, weswegen kleine Schocks präventiv verhindert werden können und die externe Variabilität in Form von Chancen und Risiken abnimmt. Es entsteht eine gewisse Sicherheit und Routine im wechselseitigen Umgang der Systemakteure. Während in der r-Phase Pioniere im Vorteil waren, die in der Lage sind, sich an Variabilität zu adaptieren, dominieren in der K-Phase Akteure, die diese Variabilität kontrollieren und durch Vorhersagen über die Zukunft des Systems die Effizienz steigern können, beispielsweise durch die Minimierung der Kosten mittels *economies of scale*. Durch die zunehmende Dominanz dieser Akteure und deren Akkumulation von Ressourcen wird der Einstieg und Erfolg für neue Systemakteure erschwert, da sie häufig nicht konkurrenzfähig sind. Dies kann dazu führen, dass z.B. im ökonomischen Kontext neue Akteure mit potentiell höherwertigeren Produkten oder sonstigen Innovationen keine Chance bekommen, sich im System zu etablieren (Holling & Gunderson 2002, 43-44). Analog verliert der *basin of attraction* während der K-Phase an Breite (*latitude*) und gewinnt an Tiefe (*resistance*), was insgesamt zu einem Verlust von Resilienz führt. Ein Beispiel für dieses Phänomen aus der Ökologie ist ein Wald, in dem sich wenige dominante Spezies durchgesetzt haben, die durch eine hoch effiziente Reproduktion, eine starke Verdichtung des Waldes bewirken. Diese fast monokulturelle Verdichtung ist zwar gegenüber auf andere Arten spezialisierten Schädlingen immun; sollte jedoch ein Schädling in das System gelangen, der auf eine oder mehrere der vorhandenen Spezies fokussiert ist, kann dies zu systemweiten destruktiven Konsequenzen führen (ibid., 44).

Die Finanzkrise im Jahre 2008, ausgelöst durch die Insolvenz eines einzelnen Unternehmens, offenbarte im globalen Finanzsektor ähnliche Strukturen. Hier etablierten sich Begriffe von „systemrelevanten“ Banken, die als „too big to fail“ gelten (z.B. Frühauf & Welter 2014): Die Konzentration von Kapital auf einzelne Banken ist so hoch, dass ein Scheitern einer dieser Banken dazu führen könnte, dass die Grenze des *basin of attraction* überschritten wird. Die Folge davon wäre eine nicht vorhersagbare und damit unkontrollierbare Zukunft des Systems. Um dies zu verhindern, wurden hohe Kosten z.B. für die Finanzierung maroder Banken in Kauf genommen. Dieses Beispiel zeigt, wie während der K-Phase die *resistance* gegenüber Veränderung, also die Tiefe des *basin of attraction*, steigt. Veränderungen im System – etwa das Scheitern einzelner, potentiell systemrelevanter Akteure

– werden unter hohen Kosten für das Gesamtsystem verhindert oder auf ein Minimum reduziert, um nicht in kaum vorhersagbare und kontrollierbare Umstände zu geraten. Die zunehmende *resistance*, welche versucht, die abnehmende *latitude* auszugleichen, um das Gesamtsystem vor dem Überschreiten des *threshold* zu bewahren, ist in diesem Fall mit hohen Kosten verbunden. Weil sich das System nun jedoch kaum noch an sich ändernde systemexterne Umstände anpasst, verliert es nach und nach seine Lernfähigkeit bzw. *adaptability*, was zu einer immer größeren Diskrepanz zwischen dem Systemzustand und systemexternen Entwicklungen führt. Abgekoppelt von letzteren versucht das System den Status Quo zu erhalten und möglichst wenig Veränderung innerhalb des Systems zuzulassen. Dieser Zustand gleicht einem *Lock-In*-Szenario (Khalil 2013; Foxon 2007). Nach Foxon (2007) beschreibt diese Situation einen Zustand, in dem Systemakteure von Gewohnheiten und Routinen vermeintlich profitieren, so dass der Blick für Innovationen eingeschränkt ist. Dabei kann es sich sowohl um die Nutzung und Produktion von etablierter Technologie handeln als auch um institutionelle Routinen, z.B. verfestigte Netzwerke innerhalb des Systems. Diese Routinen vermindern nach und nach die Lern- und Anpassungsfähigkeit des Systems und verringern die Breite des *basin of attraction*.

Irgendwann sind Effizienzsteigerung und Potential des Systems ausgeschöpft; sie stagnieren bzw. sinken, während die Kosten der Aufrechterhaltung durch die mangelnde Flexibilität bzw. zunehmende *rigidity* steigen. In einem sozio-ökologischen System können die Kosten der Verarbeitung externer Schocks mit ihrem Ausmaß gleichgesetzt werden, da die Konsequenzen dieselben sind: Aus Kostenperspektive spielt es keine Rolle, ob ein besser angepasstes System einen größeren Schock oder ein schlechter angepasstes System einen kleineren Schock verarbeiten muss. Die mangelnde Lern- und Anpassungsfähigkeit schafft in der fortgeschrittenen K-Phase folglich steigende Kosten für die Verarbeitung auch kleinerer Störungen. Diese Zunahme bedingt eine abnehmende *resistance* des Systems. Sobald die Effizienz- bzw. Potentialsteigerung aus Sicht der Systemakteure nicht mehr ausreichend für den Ausgleich dieser Kostenzunahme ist, verlieren diese den Glauben an das System und den Willen zu seiner Aufrechterhaltung. Da *latitude* und *resistance* abnehmen, sinkt auch die Resilienz des Systems. Die *resistance* steigt also nur, solange Mittel und Wille zur Verarbeitung von Schocks in ausreichender Form vorhanden sind. Nehmen die Kosten dafür jedoch weiter zu, können die anderen beiden Faktoren nicht mehr ausreichend entgegenwirken, wodurch die *resistance* sinkt. Zunehmende Kosten können also einen Vertrauensverlust einzelner Akteure auslösen, die am Zustand des Systems zweifeln, weil dessen Effizienz nicht mehr so hohe Wachstumsraten aufweisen kann wie zum Zeitpunkt des Übergangs in die K-Phase. Als Folge kann eine Vorbereitung auf mögliche strukturelle Veränderungen einsetzen. In diesem Fall steigt die *transformability*, während die Resilienz sinkt.

Die *resistance* wird also durch das Potential, den Willen zur Aufrechterhaltung des Systems und die Kosten für letztere definiert. Da der Fokus in der vorliegenden Arbeit nicht auf der Resilienz rein ökologischer Systeme liegt, sondern auf dem Einfluss des Menschen als intentional handelnden Akteurs auf die Resilienz von Systemen, ist die Einführung einer Kostenvariablen erforderlich. Holling und Gunderson (2002, 45) verwenden zwar keine Kostenvariable, sprechen aber von steigender *rigidity*, die zunehmende Vulnerabilität bzw. abnehmende Resilienz bedingt. Externe Schocks, beispielsweise ein neues Vorstandsmitglied oder eine neu gewählte Regierung, können am Ende der K-Phase fatale Folgen haben, obwohl sie in einem Zustand mit höherer Resilienz leicht hätten verarbeitet werden können. Dies leitet den Übergang in die Ω -Phase ein.

Während der nur kurz andauernden Ω -Phase brechen die Strukturen und Verbindungen des vorherigen Systems auf; das Potential sinkt auf ein Minimum. Zwar bleiben Reste der akkumulierten Ressourcen zurück, diese müssen jedoch oft erst identifiziert und nutzbar gemacht werden. Im Unternehmenskontext können beispielsweise Aktieninhaber das Vertrauen in das Unternehmen

verlieren, wodurch das Eigenkapital sinkt und schließlich Arbeitnehmer entlassen werden, um Geld zu sparen. Eine grundlegende Umstrukturierung ist die Folge; im *Adaptive Cycle* entspricht dies dem Übergang in die Reorganisation, die α -Phase. Weil alte Institutionen, Regulierungen und Verbindungen gelöst sind, ist dieser Übergang durch hohe Unsicherheit geprägt. Das System hat seine *rigidity* verloren und ist nun in der Lage, neue Grenzen und Strukturen auszutesten, um sich besser in die gewandelte Umgebung einzufügen. Der *basin of attraction* ist zu dieser Zeit sehr breit, jedoch nicht besonders tief, da kaum Regulierungen oder feste Beziehungen zwischen den einzelnen Akteuren bestehen. Nachdem schließlich einzelne Chancen in Form von nutzbaren Ressourcen oder Potentialen durch Pioniere identifiziert wurden, beginnt erneut die r-Phase (Holling & Gunderson 2002, 45-46).

Ein *Adaptive Cycle* steht dabei nicht isoliert von externen Einflüssen für sich selbst, sondern in einer dynamischen Hierarchie zu über- und untergeordneten, langsameren und schnelleren *Adaptive Cycles*. Holling et al. (2002) erweitern jedoch den Begriff der Hierarchie, da dieser einseitig Macht- und Einflussverhältnisse von höheren zu niedrigeren Ebenen nahelegt und den beidseitig dynamischen Beziehungen von *Adaptive Cycles* nicht gerecht wird. Sie verwenden den Begriff der *Panarchy*.

Zwei Einflussmöglichkeiten stehen dabei im Zentrum: *revolt* und *remember*. Erstere beschreibt eine Situation, in der sich ein *Adaptive Cycle* auf einer niedrigeren Ebene in der Ω -Phase befindet, also gerade ein Schockereignis stattgefunden hat, durch welches dieses System den *threshold* des *basin of attraction* überschritten hat. Sollte sich das hierarchisch höher gelegene System nun gerade in einer Phase mit geringer Resilienz befinden (Ende der K-Phase), kann die Transformation des niedrigeren Systems als Ereignis ausreichen, um das betrachtete System ebenfalls in die Ω -Phase zu führen. Die zweite elementare Beziehung, *remember*, beschreibt den Einfluss, den ein hierarchisch höher gelegener *Adaptive Cycle* in der K-Phase auf ein System hat, das sich in der α -Phase befindet. Die Eigenschaften des größeren, langsamen Systems wirken dabei strukturdeterminierend, was bedeutet, dass Erfahrungen und Ressourcen dieser Ebene unterstützend und stabilisierend auf die Reorganisation Einfluss nehmen. Das neue System passt sich folglich den Umständen der höher gelegenen hierarchischen Ebene an. Diese zwei Einflüsse schaffen die Voraussetzung für Nachhaltigkeit: „fast levels invent, experiment, and test; the slower levels stabilize and conserve accumulated memory of past successful, surviving experiments“ (Holling et al. 2002, 76).

5. Die Verknüpfung von Resilienz- und Transitionstheorie

Die offensichtlichste Gemeinsamkeit beider Ansätze ist, dass sie Entwicklung und Veränderung von komplexen adaptiven Systemen in einer sich wandelnden Umgebung beschreiben. Zentral sind jeweils die Evolution des Systems sowie der Systemumgebung und deren Verlauf, Gründe und Auslöser. Im sozialen Kontext wird die Perspektive um Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Evolution erweitert, v.a. durch gezielte Managementmaßnahmen. Wesentlich für die Verknüpfung der beiden Theorien ist die Frage, welche Prinzipien von beiden verwendet werden.

5.1 Der Systembegriff

Da sowohl Resilienz als auch Transition Begriffe sind, die Dynamiken und Zustände von Systemen beschreiben, ist es unumgänglich zu klären, auf welche Art von Systemen beide Konzepte anwendbar sind. So kann eine gemeinsame Systemdefinition entwickelt werden, auf der die Verknüpfung basiert. Wie in Kap. 2.1.1. beschrieben, fußt die Transitionsforschung auf der Innovationsforschung, die im ökonomischen Kontext begründet wurde. Ursprünglich ausgehend von technischen Innovationen wurde der Begriff des ‚technischen Systems‘ um eine soziale Komponente zum ‚sozio-technischen System‘ (Geels 2002) erweitert. Auch in der Resilienzforschung wurde der ursprüngliche

Untersuchungsgegenstand – bei Darwin einzelne Spezies, bei Holling (1973) ökologische Systeme – um eine soziale Komponente zum ‚sozio-ökologischen System‘ erweitert (Berkes & Folke 1994).

Beide Wissenschaftsbereiche behandeln folglich soziale Systeme, wobei sie den Fokus entweder auf technologische (Geels 2005b) oder ökologische Aspekte (Adger 2007) legen. Einzelne Fallbeispiele (Baskerville 1995; Walker & Abel 2002) bzw. das Konzept von Berkes und Folke (1994) weisen jedoch darauf hin, dass auch in sozio-ökologischen Systemen technologische Innovationen bzw. verfügbare Technologien essentielle Bestandteile des Systems darstellen, die großen Einfluss auf Resilienz und Gesamtdynamik haben. Auch Westley et al. (2002) betonen, dass sozio-ökologische Systeme nicht ausschließlich mit sozialen und ökologischen Subsystemen gleichzusetzen sind. Vielmehr stellen sie die hohe Komplexität der Interaktion zwischen den sozialen und ökologischen Aspekten in den Vordergrund und weisen auf die zentrale Rolle der Technologie in diesem Zusammenhang hin. Genauso ist technologische Innovation häufig abhängig von natürlichen Ressourcen (z.B. Bäume als Rohstoff für Papier- und Holzprodukte, seltene Erden für die Produktion von Smartphones), weswegen auch ökologische Systeme als Bestandteil sozio-technischer Systeme unerlässlich sind.

Neben der sozialen ist beiden Systemkategorien eine ökonomische Komponente gemein. So sind beispielsweise der Ort, an dem technische Innovationen stattfinden, bzw. der Einfluss der sozio-technischen Landschaft auf das zu betrachtende System häufig von Marktstrukturen und -institutionen geprägt (z.B. Ölpreisentwicklung auf der Makroebene; Verbong & Geels 2007; Brandt & Farrell 2006); ebenso sind sozio-ökologische Ressourcensysteme häufig im Marktkontext angesiedelt und von Kosten, Ertrag und Effizienz abhängig (Baskerville 1995; Walker & Abel 2002).

Für die Verknüpfung von Resilienz- und Transitionstheorie ist also die gemeinsame Definition eines komplexen adaptiven Systems (Holland 1992) möglich, das sowohl soziale, ökologische und ökonomische als auch technologische Aspekte berücksichtigt. Die genannten Aspekte bilden dabei Teilbereiche bzw. Subsysteme eines Gesamtsystems, des sozio-ökologisch-ökonomisch-technischen Systems (SEETS). In einem solchen System agieren Menschen, beeinflusst und reguliert durch soziale Institutionen, als Akteure in einem Marktkontext, um mithilfe von Technologie natürliche Ressourcen nutzbar zu machen. Da kaum ein sozio-ökologisches System ohne Technologie und kaum ein sozio-technisches System ohne natürliche Ressourcen bestehen kann, dient diese Begriffsbestimmung der Verdeutlichung des gemeinsamen Untersuchungsgegenstands.

5.2 Der (erweiterte) *Adaptive Cycle*

Eine Verknüpfung beider Theorien im gleichen systemischen Kontext soll auf der Grundlage des *Adaptive Cycle* und der Konzepte von Walker et al. (2004) erfolgen. Walker et al. (2004) definieren Resilienz als *basin of attraction*, dessen Volumen gemeinsam mit der Position des Systems in ihm die Resilienz des Systems bestimmt. Sobald seine Grenze überschritten wird, ändert sich das System grundlegend. Dieser Vorgang wird i.d.R. durch größere externe Schocks ausgelöst. In der Transitionstheorie ist eine solch grundlegende Veränderung des Systems durch ein *window of opportunity* bedingt. Auch dieses wird i.d.R. durch externe Einflüsse oder Schocks von der Makroebene geöffnet. Je nach Perspektive werden dieselben systemischen Umstände also als „kurz vor dem Überschreiten des kritischen *threshold*“ oder als „*window of opportunity*“ bezeichnet (siehe Abb. 1).

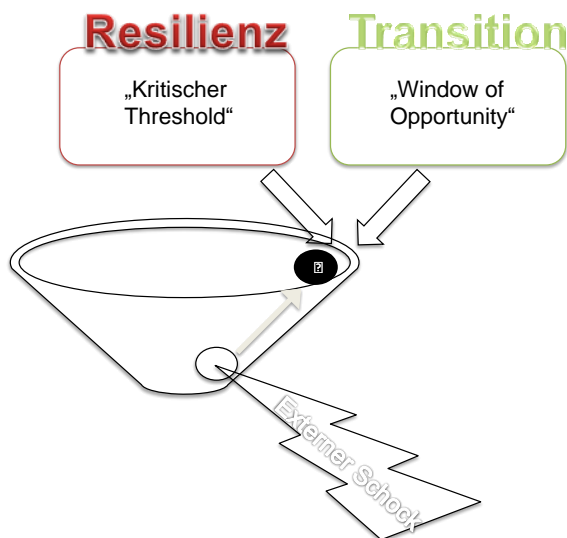


Abbildung 1: Kritischer Threshold vs. Window of Opportunity; Quelle: Eigene Darstellung

Der *threshold* des *basin of attraction* kann also auch als Grenze zwischen Resilienz- und Transitionstheorie verstanden werden. Solange das System sich entfernt von dieser Grenze in einem tiefen und breiten *basin of attraction* befindet, spielt die *transformability* (die Fähigkeit zur Transition) nur eine untergeordnete Rolle, während die *adaptability* (die Fähigkeit, die Resilienz zu beeinflussen) dominiert. Je näher der *threshold* an den momentanen Systemzustand rückt, z.B. durch die Verkleinerung des *basin of attraction*, desto wichtiger wird die *transformability*.

Ein Zustand, wie er in Abbildung 2 dargestellt ist, ist analog gegen Ende der K-Phase in einem *Adaptive Cycle* denkbar. Da hier die Resilienz gering ist und die Akteure vereinzelt bereits das Vertrauen in den aktuellen Systemzustand verloren haben, gewinnt die *transformability* an Bedeutung; ein Überschreiten des *threshold* wird wahrscheinlicher. Der Übergang ist die Ω -Phase beschreibt dabei nichts anderes als das Verlassen des bisherigen *basin of attraction* bzw. den Beginn einer Transition. Der Auslöser wird dabei in der Resilienzliteratur nur exemplarisch beschrieben (siehe Kap. 4.) und gilt als „entirely random and external“ (Holling & Gunderson 2002, 45). Im Transitionskontext hingegen werden die entsprechenden Ereignisse konzeptualisiert und klassifiziert, so dass vier Typen von sich verändernden Umweltbedingungen identifiziert werden können, die als Auslöser maßgeblich für die Transition sind. Weil der Übergang von der K-Phase über die Ω -Phase hin zur α -Phase nichts anderes beschreibt als eine Transition des Systems, kann die Adaption der Konzepte aus der Transitionstheorie das Konzept des *Adaptive Cycle* ergänzen.

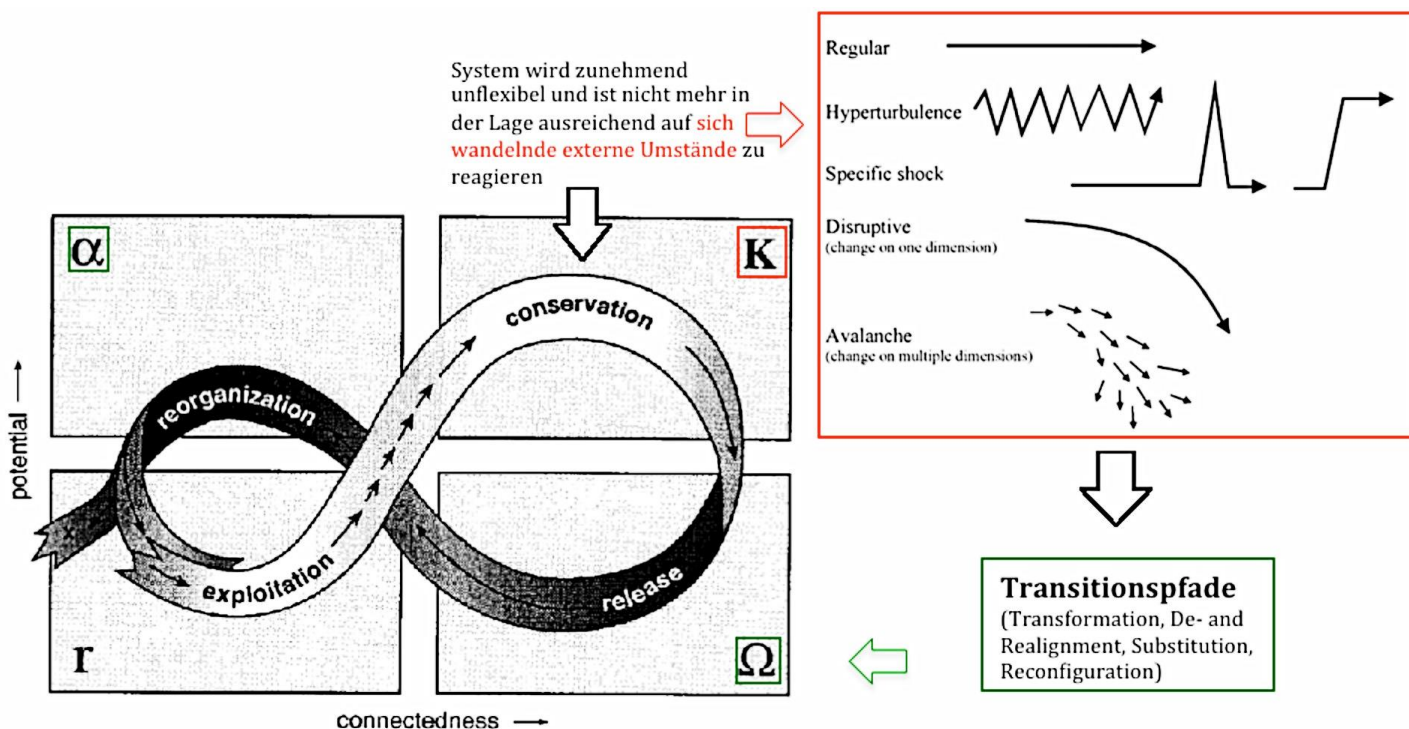


Abbildung 2: Transitionen im Adaptive Cycle; Quelle: Eigene Darstellung nach Holling 2001, 394; Geels & Schot 2007, 404

Durch die Identifikation der Dynamiken auf der Makroebene werden Erkenntnisse über die nachfolgende Ω - und α -Phase gewonnen, so dass diese weniger chaotisch und unberechenbar ablaufen. Auch die von Geels & Schot (2007) identifizierten Typen einer Transition erweitern die Kriterien der Ω - und α -Phase (siehe Kap. 2.1.3.). Da es sich in diesem Fall jedoch nicht nur um sozio-technische Systeme handelt, wird der Transitionspfad „Technological Substitution“ durch den Begriff „Substitution“ ersetzt, um zu verdeutlichen, dass es auch in anderen Bereichen des Systems zu Innovationen kommen kann, die die Substitution einleiten. Denkbar sind beispielsweise neue einflussreiche Akteure, welche die Systemstrukturen revolutionieren, etwa ein neu gewählter Bürgermeister, die Gründung von Vereinen, NGOs oder einer Energieregion in einem regionalen Energiesystem.

Auch bei der Betrachtung der hierarchischen Einbettung eines Systems werden Anknüpfungspunkte zwischen Transitions- und Resilienztheorie, speziell bei der Multi-Level Perspektive und der *Panarchy*, deutlich. Die MLP geht von drei fest definierten Ebenen, der Mikro-, Meso- und Makroebene, aus, wobei sich das zu betrachtende System auf der mittleren, der Mesoebene befindet und sowohl von der tiefer gelegenen Mikro-, als auch von der höher gelegenen Makroebene beeinflusst wird. Auf der Mikroebene befinden sich Nischen, in denen Innovationen reifen, bis sie durch ein *window of opportunity* die Gelegenheit bekommen, das vorhandene Regime zu beeinflussen; auf der Makroebene hingegen die ‚Landschaft‘, welche die großen, systemexternen Strukturen beschreibt, die sich i.d.R. nur langsam ändern, schwer zu beeinflussen sind und Druck bzw. Einfluss auf das System ausüben. Die Nischen sind dabei Teil des Systems, und das System ist Teil der Landschaft. Im Anwendungsbereich der *Panarchy* ist das durch einen *Adaptive Cycle* beschriebene System ebenfalls durch hierarchisch höher und tiefer gelegene Systeme, die sich ebenfalls in *Adaptive Cycles* bewegen, eingebettet. Trotz ähnlicher Rahmenbedingungen stehen jedoch unterschiedliche Dynamiken im Zentrum der Betrachtung. Die in Kap. 4 erwähnten Einflüsse *revolt* und *remember* beschreiben Zusammenhänge, für die die höher gelegenen, langsameren *Adaptive Cycles* strukturgebend und

stabilisierend sind, während die hierarchisch tieferen destruktiv sein können, wenn der Schock der Ω -Phase auf das System überspringt.

Sowohl die Perspektive der *Panarchy* als auch die der Multi-Level Perspektive können voneinander profitieren. So kann z.B. das Verständnis der sozio-technischen Nischen auf der Mikroebene des *Adaptive Cycle* Aufschluss über Dynamiken in diesem geben. Denkbar ist etwa, dass sich die Nische bei ihrer ursprünglichen Initiierung in der r-Phase befindet und sich nach der co-evolutionären Entwicklung sowie der Stabilisierung der Innovation hin zur K-Phase bewegt. Nicht erfolgreiche Nischen scheitern auf diesem Weg und verschwinden. Besitzt ein erfolgreiches Nischensystem mit einer ausreichend gereiften potentiellen Systeminnovation genug Potential im Sinne des *Adaptive Cycle*, kann sie – wie in der Multi-Level Perspektive beschrieben – strukturellen Einfluss auf das System der Mesoebene ausüben. Findet in der Folge auf der Nischenebene ein Schock statt, der diese in die Ω -Phase befördert, so kann das *revolt*-Szenario der *Panarchy* eintreten. Dies tritt ein, wenn der in der K-Phase aufgebaute Einfluss ausreichend groß ist, so dass das Scheitern der potentiellen Systeminnovation auf der Nischenebene als Schock für das System auf der Mesoebene ein Verlassen des *basin of attraction* bedingt. Die hierarchisch niedrigere Ebene kann also sowohl kreativ (MLP) als auch destruktiv (*Panarchy*) wirken.

Ähnlich verhält es sich bei der Betrachtung der hierarchisch höheren Ebenen. In der MLP üben sich wandelnde externe Umstände auf der Makroebene Druck auf das System aus, wodurch sich ein *window of opportunity* öffnen kann. Die Makroebene hat folglich destruktiven Einfluss auf das bestehende System vor dem Beginn der Transition bzw. dem Übergang in die Ω -Phase. Das *remember*-Szenario der *Panarchy* setzt hingegen erst während der Transition bzw. in der α -Phase ein, wobei die höher gelegenen *Adaptive Cycles* strukturegebend und richtungsweisend für das neu entstehende System sind. Wie die niedrigere Hierarchieebene wirkt die externe Landschaft jedoch in umgekehrten Rollen einmal kreativ (*Panarchy*) und einmal destruktiv (MLP). Die beiden Einflüsse können dabei als einander ergänzend angesehen werden. Gegen Ende der K-Phase verliert das System seine Flexibilität (der *basin of attraction* verliert an Breite) und passt sich deswegen nicht mehr ausreichend der sich wandelnden externen Landschaft an, wodurch Spannungen entstehen. Diese Spannungen entsprechen dem Druck, der in der MLP durch den Einfluss der Makroebene ausgelöst wird und kausal für eine Transition sein kann. Während sich das System dann in der Transition befindet, versucht es, Spannungen abzubauen und sich möglichst gut in die vorhandene Landschaft einzufügen. Letztere wirkt hierbei – wie im *remember*-Szenario – stabilisierend und strukturegebend. Einen möglichen Transitionspfad, der auf diesen Erkenntnissen beruht, illustriert Abbildung 3.

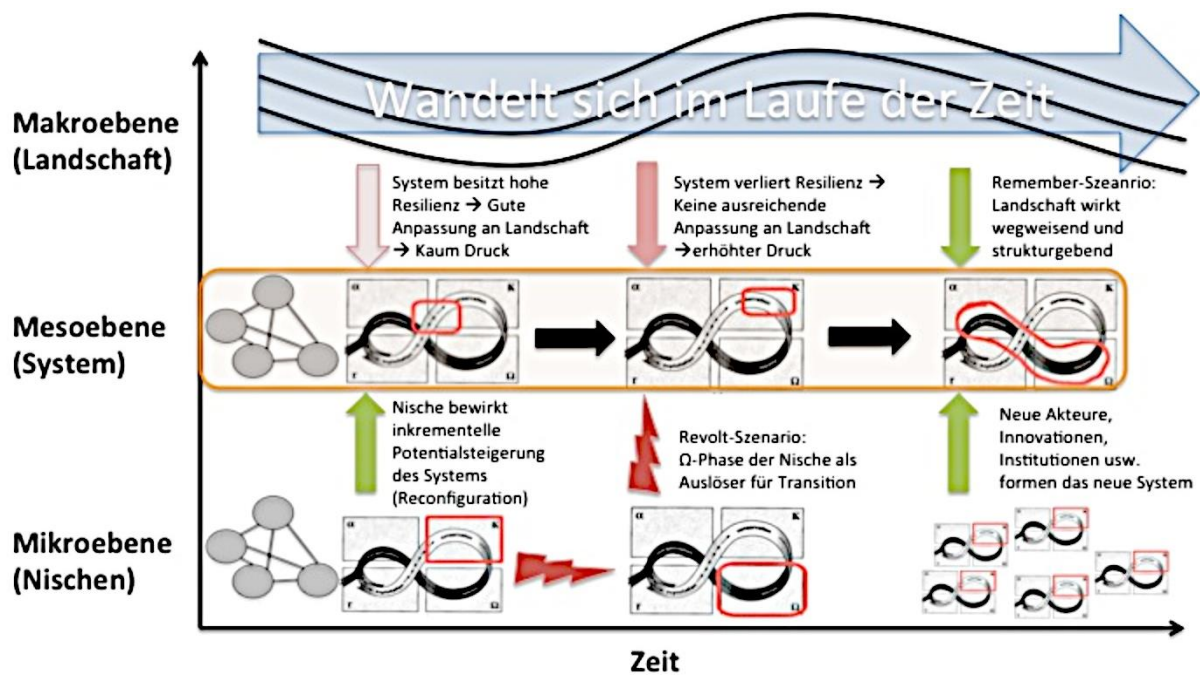


Abbildung 3: Verknüpfung von MLP und Adaptive Cycle; Ein Beispiel für einen möglichen Transition Pathway; Quelle: Eigene Darstellung

5.3 Management als normative Komponente

Bisher wurde die Verknüpfung der beiden Theorien fast ausschließlich deskriptiv durchgeführt. Ein solches Konzept ist in der Realität primär für rein ökologische Systeme relevant. In einem sozio-ökologischen Kontext hingegen, in dem Technologie und Ökonomie eine zentrale Rolle einnehmen, kann davon ausgegangen werden, dass die Akteure bestimmte Vorstellungen vom idealen Zustand des Systems haben. Das bedeutet, dass es erwünschte Zustände gibt, die möglichst stabil sind und lange andauern, und nicht wünschenswerte, die, wenn überhaupt, nur kurz auftreten und schnell abgewendet werden sollen. Über diese Zustände und ihre Grenzen herrscht jedoch gerade in komplexen Systemen selten Einigkeit (Brand 2009, 171-172). Deswegen muss bei jeder Form der Beeinflussung der Dynamiken von komplexen Systemen zunächst sichergestellt werden, dass zumindest ein gewisses Maß an Konsens über die Wertung verschiedener Systemzustände herrscht. Hierfür gibt es eine Vielzahl an partizipativen Methoden, die jedoch nicht im Detail erörtert werden können. Einen ausführlichen Überblick bietet beispielweise Brand (2009). Ein Managementansatz sollte deswegen unabhängig davon, ob er den Systemzustand bewahren (*resilience management*) oder den Übergang in einen neuen *basin of attraction* fördern möchte (*transition management*), immer über breiten Rückhalt bei den Systemakteuren verfügen und möglichst auf der Basis eines gemeinsamen Leitbildszenarios entwickelt werden.

Bei der Beschreibung der Resilienz als *basin of attraction* im Kontext des *Adaptive Cycle* wurden bereits normative Variablen für die Beschreibung der *resistance* (siehe Kap. 4) und der *adaptability* eines Systems verwendet (siehe Kap. 2.2.2.). Gegen Ende der K-Phase, wenn das System seine *adaptability* verliert und eine zunehmende Diskrepanz zwischen Systemzustand und Makroebene entsteht, steigen die Kosten der Aufrechterhaltung des Systems gegenüber Schocks, wodurch sukzessive die *resistance* der Akteure sinkt. Diese Entwicklung wird vom stagnierenden Potential des Systems (geringere ökonomische Wachstumsraten) begünstigt. Dies leitet den Übergang in die Ω -Phase und damit die Transition ein. Wie reibungslos dieser Übergang abläuft, wird laut Walker et al. (2004) von der

transformability bestimmt. Ein Management, das darauf abzielt, möglichst gradlinig einen wünschenswerteren *basin of attraction* zu erreichen, setzt im Idealfall also schon vor der eigentlichen Transition in der K-Phase ein, um die *transformability* zu steigern und den *lock-in* bzw. die *resistance* des Systems zu mindern.

Klassisches *Transition Management* (Loorbach 2007; 2010; Kemp et al. 2007; Loorbach & Rotmans 2010) berücksichtigt diesen Umstand kaum. Zwar gibt es im Bereich des *Strategic Niche Managements* (Schot & Geels 2008) Bemühungen, Nischen zu etablieren, in denen Innovationen geschützt vor dem Einfluss des bestehenden Regimes reifen können, die gezielte Verminderung der *resistance* der Systemakteure war jedoch bisher nicht Teil des *Transition Management* und wurde erst kürzlich vereinzelt anhand von empirischen Beispielen aufgegriffen (Geels 2014; Turnheim & Geels 2013). Denkbar wäre z.B. die aktive Information der Systemakteure über Missstände und *lock-ins* im System, so dass der Unterstützerkreis für eine Transition und damit die *transformability* wachsen. Während etablierte Methoden des *Transition Management* durch die Erschaffung und Förderung von Unterstützernetzwerken für Innovationen in Nischen und neue mögliche *basins of attraction* formen, müssen weitere Methoden gegen Ende der K-Phase (= *Predevelopment Phase* der Transition) dafür sorgen, dass das Verlassen des bestehenden *basin of attraction* möglichst reibungslos verläuft und dessen *resistance* verringert wird (siehe Abb. 4). An dieser Stelle besteht Forschungsbedarf, wofür die oben beschriebenen theoretischen Ausführungen als Basis dienen könnten.

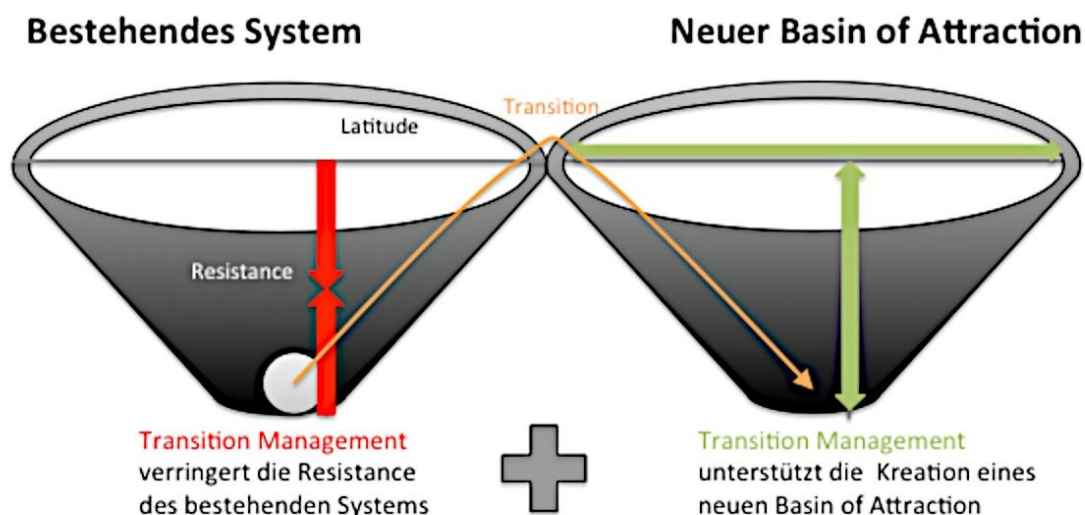


Abbildung 4: Erweitertes Transition Management der Predevelopment Phase; Quelle: Eigene Darstellung

Loorbach und Rotmans (2010, 9) schließen ihre Arbeit mit der Frage: „What type of transition management do we need for other stages of transition, especially the acceleration stage?“ Dies bezieht sich darauf, dass bisherige empirische Anwendungsbeispiele hauptsächlich auf die *Predevelopment Phase*, also die Zeit vor dem eigentlichen *Take-Off* der Transition, fokussiert waren (ibid.). Für die weiteren Abschnitte einer Transition während der Ω - und α -Phase besteht Forschungsbedarf. Auch hier sind Adaptionismöglichkeiten aus der Resilienztheorie denkbar, um eine bessere Verständigung über die Zielvariablen zu erreichen. Wird in der *Predevelopment Phase* eine gemeinsame Vision vom zukünftigen Zustand des Systems erstellt, folgt daraus als Ziel der späteren Phasen der Transition das Erreichen dieses Zustands. Das Management während der *Predevelopment Phase* sorgt dafür, dass z.B. ein *De-Alignment*-Szenario, in dem externe Schocks der Makroebene auf ein unvorbereitetes System treffen und dieses in chaotische Zustände befördern, vermieden wird.

Die eigentliche Transition kann mit den Variablen der Resilienz beschrieben werden: *resistance* und *latitude* (siehe Abb. 5). Erstere beschreibt in diesem Kontext den Widerstand der Nischenakteure gegen Störungen von außen. Im Fokus stehen dabei der Wille zur Aufrechterhaltung des Zielzustands und die Mittel dafür. Dass diese Aspekte zentral für eine erfolgreiche Transition sind, bestätigen die empirischen Befunde von Loorbach und Rotmans (2010). Nach der Analyse mehrerer Anwendungsbeispiele von *Transition Management* kommen sie zu dem Schluss, dass die Charakteristika und die Freiräume der Nischenakteure eine zentrale Rolle spielen. Letzteres bezieht sich dabei sowohl auf mentale, kreative Freiräume als auch auf organisatorische und juristische Umstände, die die innovativen Ideen der Pioniere möglichst wenig beschränken. Desweiteren sollten die Pioniere mit ausreichend Finanzmitteln und genügend Macht ausgestattet werden, um die Chancen einer Einflussnahme auf das Regime zu erhöhen und gegen eventuelle Schocks gewappnet zu sein. Zusammengenommen erhöhen diese Aspekte die *resistance* der Nischenakteure und damit die Resilienz der Transition.

Auch die zweite Variable der Resilienz, die *latitude*, findet sich in den Schlussfolgerungen der empirischen Anwendungsbeispiele für *Transition Management* von Loorbach und Rotmans (2010, 8). Für einen erfolgreichen Transitionsprozess ist demnach eine Perspektive unumgänglich, die eine hohe Flexibilität in der Planung zulässt, da häufig unvorhersehbare, teils chaotische Zustände während einer Transition zu erwarten sind. Eine unflexible Planung, die keinen Spielraum für Unvorhergesehenes lässt, mindert die Erfolgchancen eines Transitionsprozesses erheblich. Mit *resistance* und *latitude* als Erfolgsfaktoren für einen Transitionsprozess kann also der Managementbereich der Transitionswissenschaft von der Resilienztheorie profitieren und eine resiliente Transition als Leitbild für das *Transition Management* adaptieren.

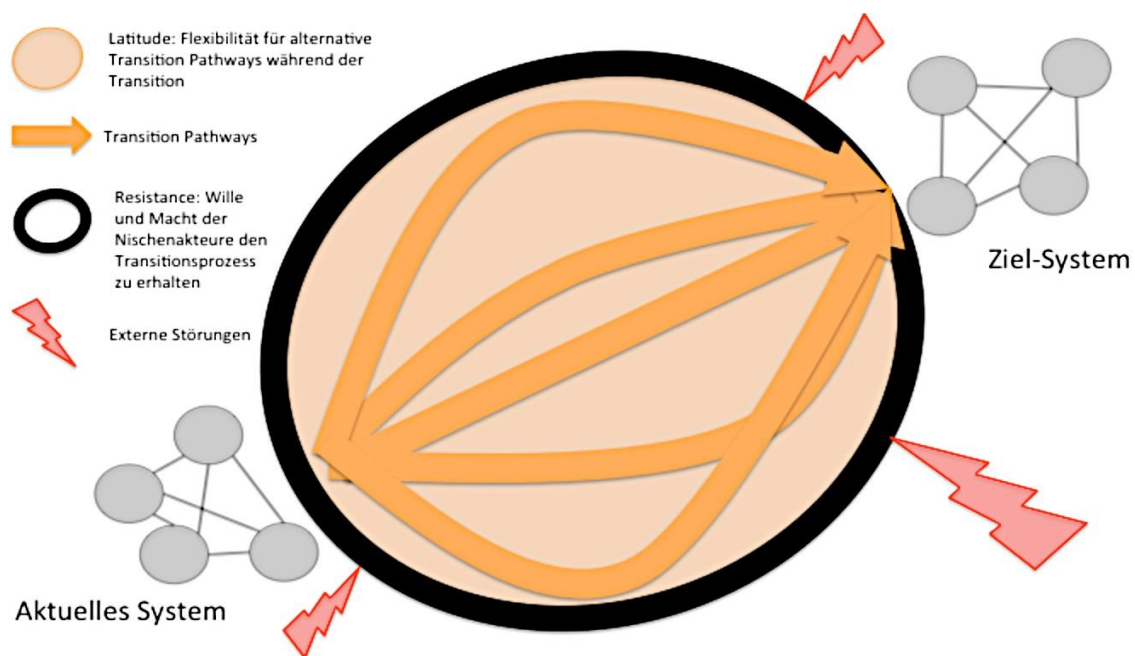


Abbildung 5: Die Resilienz einer Transition: Resistance und Latitude als Erfolgsfaktoren für Transition Management; Quelle: Eigene Darstellung

Bisher wurden aus Managementperspektive das Ende der K-Phase sowie die Ω - und α -Phase betrachtet, die in den Bereich des *Transition Managements* fallen. Um ein ganzheitliches Management für den *Adaptive Cycle* zu ermöglichen, müssen darüber hinaus die r-Phase und der Übergang in die K-Phase betrachtet werden, nicht zuletzt weil dieser Übergang i.d.R. die meiste Zeit des *Adaptive Cycle*

beansprucht. Da eine Transition in dieser Phase, die durch zunehmende Effizienz, Vorhersagbarkeit und hohe Resilienz geprägt ist, unwahrscheinlich ist, sollte sich ein systemisches Management auf die mit zunehmender *connectedness* abnehmende Resilienz konzentrieren und die *transformability* zunächst vernachlässigen. Die abnehmende Resilienz geht, wie in Kap. 4. beschrieben, zunächst primär von der abnehmenden *latitude* aus, da die *resistance* mit zunehmenden Abhängigkeiten im System zunächst eher zunimmt. Ein *Resilience Management* sollte deswegen den Fokus auf Methoden legen, die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit des Systems fördern. Dies entspricht dem Ziel, das Walker et al. (2002, 7) neben dem Abwenden unerwünschter Systemzustände als Folge von externen Störungen für *Resilience Management* definieren: „nurture and preserve the elements that enable the system to renew and reorganize itself“. Gelingt dies, ist zumindest in der Theorie denkbar, dass das Erhalten der Breite des *basin of attraction* das Ende der K-Phase hinauszögert oder eine Transition sogar gänzlich verhindert, da sich das System besser an Änderungen der externen Umstände adaptiert.

Ob jedoch die Erhaltung der Resilienz auf Kosten der Effizienz bzw. des zunehmenden Potentials vonstatten geht, z.B. durch weniger intensive Verknüpfungen innerhalb des Systems, die zwar flexibler lösbar sind, aber auf geringeren Routinen und Vertrauen beruhen, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Hier besteht Forschungsbedarf. Eine Entwicklung, die zumindest darauf hindeutet, dass das Management von Resilienz in der Praxis langsam Einzug erhält, sind Tendenzen im Unternehmensbereich. Sowohl Studien (Musgrave & Woodman 2013; Woodman 2007), als auch wissenschaftliche Abhandlungen (Power 2009; Herbane 2010) identifizieren hier einen Trend weg vom klassischen Risikomanagement, wie z.B. dem *Enterprise Risk Management*, das auf rein monetärer Kalkulation von Risiko beruht, hin zu ganzheitlicheren Konzepten, wie beispielsweise *Business Continuity Management* [BCM] oder *Enterprise Resilience* (Australian National Audit Office 2009; Booz Allen Hamilton 2004). Für diese Konzepte existieren Leitfäden, die interessierten Unternehmen Methoden an die Hand geben. Ziel ist ein „holistic management process that identifies potential threats to an organisation and the impacts to business operations that those threats, if realised, might cause and which provides a framework for building organisational resilience with the capability for an effective response that safeguards the interest of its key stakeholders, reputation, brand and value-creating activities“ (Woodman 2007, 2). Im Bereich des BCM werden dazu die Grenzen eines Unternehmens erweitert, so dass die gesamte ökonomische und institutionelle Umgebung des Unternehmens als Teil eines Gesamtsystems angesehen wird, dessen Resilienz es zu erhalten gilt (Power 2009, 853). Aufgrund der systemischen Perspektive besteht großes Adaptionspotential für das Management von Systemen jeglicher Art. Verschiedene Standards und Leitfäden aus dem ökonomischen Bereich (Australian National Audit Office 2009; Business Continuity Institute 2008; Watters 2014) bieten Ideen, die für das Management der r- und K-Phase des *Adaptive Cycles* von Nutzen sein können. Aus Platzgründen kann eine ausführliche Betrachtung dieser Konzepte nicht durchgeführt werden, weswegen nur auf das Adaptionspotential und den damit einhergehenden Forschungsbedarf verwiesen wird.

6. Fazit, Diskussion und Ausblick

Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel, theoretische Erkenntnisse über komplexe adaptive Systemdynamiken im Kontext der Transitions- und Resilienztheorie zu gewinnen. Die eingehende Betrachtung beider Ansätze offenbarte dabei großes Adaptionspotential und die Möglichkeit einer ganzheitlichen Betrachtung von komplexen adaptiven Systemdynamiken. Auch für deren Management bieten die theoretischen Erkenntnisse die Grundlage zur Erarbeitung konkreter Methoden und Maßnahmen in weiteren Forschungsarbeiten.

Keinesfalls sollen die Ergebnisse als holistisches Welterklärungsmodell verstanden werden, das auf jegliches Anwendungsszenario passt. Schon die Autoren des *Adaptive Cycle* weisen wiederholt darauf hin, dass dieser teilweise eher als Metapher und weniger als überprüfbare Hypothese verstanden werden sollte (Holling & Gunderson 2002, 49). Was ein solches Framework jedoch liefern kann, sind Struktur und Verständniserleichterung bei der konkreten Bearbeitung von Projekten, die sich mit komplexen adaptiven Systemen beschäftigen. Eine Vorstellung von idealtypischen Prozessen kann bei der Analyse und Einschätzung der aktuellen Situation bzw. bei der Planung für die Zukunft wertvolle Dienste leisten, da sie ein Grundverständnis von Struktur und Dynamik liefert. Dies sollen auch die hier vorgelegten Erkenntnisse ermöglichen. Durch das Aufzeigen der Anknüpfungspunkte zwischen Resilienz- und Transitionstheorie verschwimmen deren Grenzen, so dass schlussendlich beide Disziplinen voneinander profitieren können. In der praktischen Anwendung ist jedoch eine Anpassung auf die jeweils vorliegenden Umstände unumgänglich, da sich die theoretischen Aussagen auf einem hohen Abstraktionsniveau bewegen.

Weiterer Forschungsbedarf besteht v.a. im Bereich des Managements. Leitfäden oder konkrete Handlungsempfehlungen für die praktische Anwendung der gewonnenen theoretischen Erkenntnisse sollten in weiteren Arbeiten, im Optimalfall gekoppelt mit empirischen Fallbeispielen, entwickelt werden, damit aus der Theorie gesellschaftlicher Nutzen entstehen kann. Hierfür bieten beispielsweise die genannten Frameworks aus dem betriebswirtschaftlichen Bereich Ansatzpunkte.

Literatur

- Adger, W.N. (2007): Ecological and social resilience. In: Atkinson, G., Dietz, S. & Neumayer, E. (Hg.): Handbook of Sustainable Development. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited. S. 78-91.
- Australian National Audit Office (2009): Business Continuity Management. Building resilience in public sector entities. Better Practice Guide. URL: http://www.anao.gov.au/~media/Uploads/Documents/business_continuity_management_.pdf (20.09.2014).
- Bahadur, A.V., Ibrahim, M. & Tanner, T. (2010): The resilience renaissance? Unpacking of resilience for tackling climate change and disasters. Brighton: Institute of Development Studies (for the Strengthening Climate Resilience (SCR) consortium).
- Berkes, F. & Folke, C. (1994): Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. Stockholm: The Beijer International Institute of Ecological Economics. Beijer Discussion Paper Series No. 52.
- Booz Allen Hamilton (2004): Redefining the Corporate Governance Agenda. From Risk Management to Enterprise Resilience. URL: <http://www.boozallen.com/media/file/138022.pdf> (20.09.2014).
- Brand, F. (2009): Resilience and Sustainable Development: an Ecological Inquiry. Dissertation, Lehrstuhl für Landschaftsökologie an der TU München. URL: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/796561/796561.pdf> (16.09.2014).
- Brown, G., Kraftl, P., Pickerill, J. & Upton, C. (2012): Holding the future together: towards a theorisation of the spaces and times of transition. In: *Environment and Planning - Part A*, 44(7), S. 1607-1623.
- Brown, K. (2013): Global environmental change I: A social turn for resilience? In: *Progress in Human Geography*, 38 (1), S. 107-117.
- Bundesregierung Deutschland (2011): Regierungsprogramm Elektromobilität. URL: http://www.bmbf.de/pubRD/programm_elektromobilitaet.pdf (11.07.2014).
- Business Continuity Institute (2008): Good Practice Guidelines. A Management Guide to Implementing Global Good Practice in Business Continuity Management.
- Callon, M. (1998): An essay on framing and overflowing: economic externalities revisited by sociology. In: *The Sociological Review*, 46(S1), S. 244-269.
- Claeys, G. (2000): The "Survival of the Fittest" and the Origins of Social Darwinism. In: *Journal of the History of Ideas*, 61(2), S. 223-240.
- Coenen, L., & Díaz López, F.J. (2010): Comparing systems approaches to innovation and technological change for sustainable and competitive economies: an explorative study into conceptual commonalities, differences and complementarities. In: *Journal of Cleaner Production*, 18(12), S. 1149-1160.
- De Almeida, P. & Silva, P.D. (2009): The peak of oil production – Timings and market recognition. In: *Energy Policy*, 37, S. 1267-1276.
- Dosi, G., & Nelson, R. R. (1994). An introduction to evolutionary theories in economics. In: *Journal of evolutionary economics*, 4(3), S. 153-172

- Foxon, T.J. (2007): Technological lock-in and the role of innovation. In: Atkinson, G., Dietz, S. & Neumayer, E. (Hg.): *Handbook of Sustainable Development*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited. S. 140-155.
- Frühauf, M. & Welter, P. (2014): „Too big to fail“ – Große Banken zahlen weniger Zinsen. URL: <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/systemrelevante-banken-zahlen-weniger-zinsen-12868861.html> (21.08.2014).
- Geels, F.W. (2002): Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. In: *Research policy*, 31(8), S. 1257-1274.
- Geels, F.W. (2004): From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. In: *Research Policy* 33 (6-7), 897-920.
- Geels, F.W. (2005a): Technological transitions and system innovations. A Co-Evolutionary and Socio-Technical Analysis. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Geels, F.W. (2005b): The dynamics of transitions in socio-technical systems: a multi-level analysis of the transition pathway from horse-drawn carriages to automobiles (1860–1930). In: *Technology Analysis & Strategic Management*, 17(4), S. 445-476.
- Geels, F.W. (2011): The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. In: *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(1), S. 24-40.
- Geels, F.W. (2014): Regime resistance against low-carbon transitions: Introducing politics and power into the multi-level perspective. In: *Theory, Culture & Society*. URL: <http://tcs.sagepub.com/content/early/2014/06/27/0263276414531627> (09.10.2014).
- Geels, F.W. & Schot, J. (2007): Typology of sociotechnical transition pathways. In: *Research policy*, 36(3), S. 399-417.
- Glaser, B.G. & Strauss, A.L. (2009): *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Piscataway, New Jersey: Transaction Publishers.
- Gunderson, L.H., Holling, C.S. & Light, S.S. (1995): *Barriers and Bridges to the Renewal of Ecosystems and Institutions*. New York: Columbia University Press.
- Herbane, B. (2010): The evolution of business continuity management: A historical review of practices and drivers. In: *Business history*, 52(6), S. 978-1002.
- Holland, J. H. (1992). Complex adaptive systems. In: *Daedalus*, 121 (1), S. 17-30.
- Holling, C.S. (1973): Resilience and stability of ecological systems. In: *Annual review of ecology and systematics*, S. 1-23.
- Holling, C.S. (1986): Resilience of ecosystems; local surprise and global change. In: Clark, W.C. & Munn, R.E. (Hg.): *Sustainable Development of the Biosphere*. Cambridge: Cambridge University Press. S. 292-317.
- Holling, C.S. (2001): Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. In: *Ecosystems*, 4(5), S. 390-405.
- Holling, C.S. & Gunderson, L.H. (2002): Resilience and Adaptive Cycles. In: Holling, C.S. & Gunderson, L.H. (Hg.): *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Washington D.C.: Island Press. S. 25-63.

- Holling, C.S., Gunderson, L.H. & Peterson G.D. (2002): Sustainability and Panarchies. In: Holling, C.S. & Gunderson, L.H. (Hg.): *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Washington D.C.: Island Press. S. 63-103.
- Hughes, T. P. (1987): The evolution of large technological systems. In: Bijker, W., Hughes, T.P. & Pinch, T. (Hg.): *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge: Cambridge University Press, S. 51-82.
- Kemp, R. (2010): The Dutch energy transition approach. In: *International Economics and Economic Policy*, 7(2-3), 291-316.
- Kemp, R., Loorbach, D. & Rotmans, J. (2007): Transition management as a model for managing processes of co-evolution towards sustainable development. In: *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14(1), S. 78-91.
- Khalil, E.L. (2013): Lock-in institutions and efficiency. In: *Journal of Economic Behavior & Organization*, 88, S. 27-36.
- Loorbach, D. (2007): Transition management: new mode of governance for sustainable development. Dutch Research Institute for Transitions (DRIFT). Utrecht: International Books.
- Loorbach, D. (2010): Transition management for sustainable development: a prescriptive, complexity-based governance framework. In: *Governance*, 23(1), S. 161-183.
- Loorbach, D. & Rotmans, J. (2010): The practice of transition management: Examples and lessons from four distinct cases. In: *Futures*, 42(3), S. 237-246.
- MacKenzie, D. & Wajcman, J. (Hg.) (1985): *The Social Shaping of Technology: How the Refrigerator Got Its Hum*. Milton Keynes: Open University Press.
- Malthus, T.R. (1798): *An Essay on the Principle of Population*. Electronic Scholarly Publishing Project. URL: <http://www.esp.org/books/malthus/population/malthus.pdf> (07.08.2014).
- Martens, P. & Rotmans, J. (2005): Transitions in a globalising world. In: *Futures*, 37(10), S. 1133-1144.
- Meadows, D. (2012): The Limits to Growth and the Future of Humanity. Vortrag am 04.12.2012 im Amerika Haus in München. Folien online unter: http://www.carsoncenter.uni-muenchen.de/download/events/posters/121204_meadows_presentation.pdf (30.07.2014).
- Mitchell, J. (2006): *A New Era for Oil Prices*. London: Chatham House
- Musgrave, B. & Woodman, P. (2013): *Weathering the storm. The 2013 Business Continuity Management Survey*. London: Chartered Management Institute.
- Ostrom, E. (1990): *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pinch, T.J., & Bijker, W.E. (1984): The social construction of facts and artifacts: Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other. In: *Social Studies of Science*, 14 (3), S. 399-441.
- Power, M. (2009): The risk management of nothing. In: *Accounting, Organizations and Society*, 34(6), S. 849-855.
- Rip, A. & Kemp, R., 1998: Technological change. In: Rayner, S. & Malone, E.L. (Hg.): *Human Choice and Climate Change*, Vol.2. Columbus, OH: Battelle Press. S. 327–399.

- Rotmans, J., Kemp, R., & Van Asselt, M. (2001): More evolution than revolution: transition management in public policy. In: *foresight*, 3(1), S. 15-31.
- Schot, J. & Geels, F. W. (2008): Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. In: *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(5), S. 537-554.
- Schumpeter, J.A. (1912): *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Leipzig: Duncker & Humbolt.
- Smith, A., Stirling, A., & Berkhout, F. (2005): The governance of sustainable socio-technical transitions. In: *Research policy*, 34(10), S. 1491-1510.
- Smith, A., Voß, J.P. & Grin, J. (2010): Innovation studies and sustainability transitions: the allure of the multi-level perspective and its challenges. In: *Research policy*, 39(4), S. 435-448.
- Suarez, F.F. & Oliva, R. (2005): Environmental change and organizational transformation. In: *Industrial and Corporate Change*, 14(6), S. 1017-1041.
- Truffer, B. & Coenen, L. (2012): Environmental Innovation and Sustainability Transitions in Regional Studies. In: *Regional Studies*, 46:1, S. 1-21.
- Turnheim, B. & Geels, F.W. (2013): The destabilisation of existing regimes: Confronting a multi-dimensional framework with a case study of the British coal industry (1913–1967). In: *Research Policy*, 42(10), S. 1749-1767.
- Van de Poel, I. (2003): The transformation of technological regimes. In: *Research Policy*, 32(1), S. 49-68.
- Van den Bergh, J. & Kemp, R. (2008): Transition lessons from economics. In: van den Bergh, J. & Bruinsma, F.R. (Hg.): *Managing the transition to Renewable Energy. Theory and Practice from Local, Regional and Macro Perspectives*. Northampton: Edward Elgar Publishing. S. 81-129.
- Von Sydow, M. (2014): „Survival of the Fittest“ in Darwinian Metaphysics – Tautology or Testable Theory? In: Schaff, B. & Pietrzak-Franger, M. (Hg.): *Reflecting on Darwin*. Farnham, London: Ashgate. S. 199-222.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R. & Kinzig, A. (2004): Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. In: *Ecology and society*, 9(2), Art. 5.
- Walsh, B. (2013): Adapt or Die: Why the Environmental Buzzword of 2013 Will Be *Resilience*. URL: <http://science.time.com/2013/01/08/adapt-or-die-why-the-environmental-buzzword-of-2013-will-be-resilience/#ixzz2JeE6rFwE> (26.08.2014).
- Watters, J. (2014): *Disaster Recovery, Crisis Response, & Business Continuity. A Management Desk Reference*. New York City: Apress.
- Westley, F., Carpenter, S.R., Brock, W.A., Holling, C.S. & Gunderson, L.H. (2002): Why systems of people and nature are not just social and ecological systems. In: Holling, C.S. & Gunderson, L.H. (Hg.): *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Washington D.C.: Island Press. S. 103-119.
- Woodman, P. (2007): *Business Continuity Management*. London: Chartered Management Institute. URL: http://www.ukcip.org.uk/wordpress/wp-content/CLARA/CMI_Business_Continuity_March_2007.pdf (20.09.2014).